

Zbigniew RATAJ

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska, Gliwice

PARAMETRY KONSTRUKCYJNE I EKSPLOATACYJNE NOWOCZESNYCH KOTŁÓW WODNYCH W SYSTEMACH GRZEWczyCH

Streszczenie. W artykule opisano i przedyskutowano parametry konstrukcyjne i eksploatacyjne nowoczesnych kotłów wodnych w systemach grzewczych. W szczególności określono ich wartości i zwrócono uwagę na ich ważność i powiązania. Omówiono także występujące uwarunkowania eksploatacyjne i zmiany sprawności użytkowej. Na końcu przedstawiono publikacje autora artykułu uzupełniające opisaną tematykę.

CONSTRUCTIONAL AND OPERATIONAL PARAMETERS OF MODERN WATER BOILERS WORKING IN HEATING SYSTEMS

Summary. In this paper some operational and constructional parameters of the modern water boilers, specially low temperature boilers has been described. The values of those parameters and relationship between them was predicted. The range of the limits of operational parameters and mean season efficiency changes has been reported. At the end of this paper a lot of references written by the author was given.

KONSTRUKTION- UND BETRIEBSDATEN VON MODERNEN WASSERKESSELN IN HEIZUNGSSYSTEMS

Zusammenfassung. Im Aufsatz sind Konstruktion- und Betriebsdaten von modernen Wasserkesseln in Heizungssystemen, speziell der Niedertemperaturwasserkesseln beschrieben worden. Die Werte und Merkmale von diesen Variablen wurden ausführlich diskutiert. Die Begrenzungen von Betriebsdaten und ihren Zusammenhang mit Veränderungen des mittleren Jahreskesselwirkungsgrads wurden ermittelt.

Wprowadzenie

W ciągu ostatnich 10 lat obserwuje się olbrzymi postęp techniczny i technologiczny w zakresie ogrzewnictwa i ciepłownictwa. Ostatnie 5 lat charakteryzuje intensywny rozwój technologii wytwarzania kotłów, inżynierii materiałowej i elektroniki aplikacyjnej (regulatorów grzewczych). W latach 1991 – 1995 zastosowano największe osiągnięcia z zakresu techniki spalania gazu i oleju, obniżenia emisji NO_x , do nowych konstrukcji palników i komór spalania kotłów wodnych i parowych. Wprowadzono w tym czasie nowe generacje regulatorów systemowych i pogodowych, tzw. inteligentne regulatory oparte na algorytmach *fuzzy logic*.

Pojawiły się w tym czasie nowe rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych komponentów systemów grzewczych, w tym źródeł ciepła – kotłów grzewczych. Charakterystykę techniczną urządzeń kotłowych znajdujących się na rynku ogrzewniczym, oferowanych przez firmy krajowe i zagraniczne przedstawiono wyczerpująco w [8, 9, 13, 16, 17].

Ostra konkurencja i wymagania techniczne spowodowały, że większość kotłów wodnych przedstawia wysoki standard światowy. Podjęte wcześniej działania w zakresie wprowadzenia paliw ekologicznych (olej, gaz) w sektorze komunalnym i rosnące wymagania ochrony środowiska (zaostrenie norm emisji związków siarki, tlenków azotu i pyłów) spowodowały wzrost liczby budowanych i sprzedawanych kotłów, w przeważającej mierze niskotemperaturowych. Równolegle podejmowane są działania związane z oszczędnością energii cieplnej w budownictwie [3, 4].

Nowoczesne ekologiczne systemy grzewcze

Ponieważ kocioł wodny stanowi podstawową część systemu grzewczego, więc jego konstrukcja i budowa musi być dostosowana do wymagań technicznych i warunków eksploatacji systemów grzewczych. Nowoczesne ekologiczne systemy grzewcze [3] charakteryzują się wysokim stopniem integracji z ekologicznymi źródłami ciepła. Występują tutaj zazwyczaj kotły wodne niskotemperaturowe¹. Takie kotły pozwalają obniżyć koszt inwestycyjny kotła i tym samym całego systemu. Kotły są dostosowane do spalania gazu ziemnego, propan–butanu lub oleju opałowego. Kotły na paliwa stałe (węgiel, koks) nie są kotłami ekologicznymi².

¹ Kocioł wodny, w którym najwyższa temperatura wody nie przekracza 373 K (norma PN-70/H-83136).

² Niektórzy uważają, że kotły na tzw. paliwo bezdymne są kotłami ekologicznymi. Zdaniem autora, nie rozwiązano problemu pozostałości paleniskowych.

Współczesne systemy grzewcze zawierają kombinowane układy, stanowiące połączenie instalacji grzewczej grzejnikowej i ogrzewania podłogowego. Charakteryzują się małą masą zładu, dzięki przyjęciu małych średnic przewodów, co zapewnia małą inercję cieplną, dobrą dynamikę oraz dużą stabilność hydrauliczną. Brak armatury dławnicowej oznacza brak ubytków i szczelność eksploatacyjną.

Parametry robocze, konstrukcyjne i eksploatacyjne kotłów

Kotły wodne opalane gazem ziemnym lub olejem opałowym lekkim charakteryzowane są przez szereg parametrów roboczych, konstrukcyjnych, technologicznych i eksploatacyjnych¹. Systematykę parametrów zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Zestaw parametrów kotłów wodnych

Lp.	Parametry robocze kotłów wodnych niskotemperaturowych	Parametry konstrukcyjne i technologiczne kotłów wodnych niskotemperaturowych	Parametry eksploatacyjne kotłów wodnych niskotemperaturowych
1	Moc znamionowa	Rodzaj i odmiana konstrukcyjna	Nominalna sprawność cieplna (maksymalna)
2	Ciśnienie robocze	Zastosowane materiały do budowy	Średnioroczna sprawność użyteczna
3	Temperatura zasilania	Wielkość, rodzaj i konstrukcja komory spalania	Inercja cieplna
4	Temperatura powrotu	Pojemność wodna	Temperatura spalin
5	Rodzaj paliwa i jego parametry	System przepływu spalin	Sposób regulacji mocy cieplnej
6		Wielkość powierzchni ogrzewalnej	Wielkość emisji NO _x , CO, C, pył
7		Sposób intensyfikacji wymiany ciepła (ożebrowanie, turbulizatory)	Stabilizacja i podnoszenie temperatury powrotu
8		Wymiary przyłączy wodnych	Sposób zabezpieczenia przed korozją
9		Wymiary przyłączy gazu i instalacja przypalnikowa	Trwałość

³ Niektóre parametry są kreślone przez normę PN-93/M35350.

cd. tablicy 1

Lp.	Parametry robocze kotłów wodnych niskotemperaturowych	Parametry konstrukcyjne i technologiczne kotłów wodnych niskotemperaturowych	Parametry eksploatacyjne kotłów wodnych niskotemperaturowych
10		Zastosowane technologie wytwarzania	Opór hydrauliczny po stronie wodnej
11		Sposób i wymiary odprowadzenia spalin	Opór hydrauliczny po stronie spalin
12		Materiały izolacyjne	
13		Gabaryty i masa	

Który z kotłów należy wybrać, jakie przyjąć kryteria doboru, a także jakie rodzaje kotłów należy produkować – to są podstawowe zadania stawiane przed projektantami systemów grzewczych i producentami kotłów. Ważną rzeczą jest poprawna ocena i wyniki badań poszczególnych kotłów, zarówno konstrukcyjno–cieplne, jak też eksploatacyjne.

Parametry konstrukcyjne, technologiczne i eksploatacyjne powinny stanowić przedmiot rozważań podejmowanych przy ocenie kotła. Duża ilość producentów i różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych kotłów wymaga starannej analizy przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych.

Charakterystyka parametrów

Znamionowa moc cieplna

Nowoczesne kotły wodne jako kotły żeliwne niskotemperaturowe, stacjonarne budowane są od 12,0 kW mocy cieplnej do ok. 2500 kW. Natomiast jako kotły stalowe płomienicowo–płomieniówkowe wysokotemperaturowe są budowane do mocy 25 MW lub do 5 MW jako kotły średniotemperaturowe. Agregaty wiszące jedno– i dwufunkcyjne (potrzeby c.o. i przygotowania c.w.u.) budowane są na moce cieplne od 8,7 kW do 73 kW.

Ciśnienie robocze

Kotły budowane są na ciśnienie robocze od 0,2 MPa (kotły stalowe lekkiej konstrukcji) do 6,0 MPa (kotły żeliwne i stalowe o większej mocy). Kotły wysokotemperaturowe budowane są na ciśnienia do 1,6 MPa.

Zastosowanie wyższego ciśnienia roboczego niż 0,25 MPa stwarza większe możliwości użycia kotła w określonym systemie, ale pociąga za sobą wzrost ciężaru o ok. 15 – 25% i ceny o ok. 28%.

Stosowane materiały konstrukcyjne

Rozróżnia się kotły żeliwne i stalowe, kotły stojące i kotły wiszące jedno- i dwufunkcyjne.

Zdecydowaną większość wodnych niskotemperaturowych kotłów grzewczych stanowią kotły żeliwne (ok. 78%). Kotły żeliwne mają budowę członową. Na ogół przedni i ostatni człon wymiennika ciepła ma odmienny kształt, natomiast człony środkowe są podobne. W zależności od zastosowanej ilości członów w kotle uzyskuje się różne moce cieplne. Kotły mniejsze są montowane w całości przez producenta, natomiast kotły większe są transportowane w częściach i składane w miejscu budowy (zaleta dla ciasnych pomieszczeń!).

Kotły stalowe są wykonywane z blachy ze stali kotłowej lub też elementów rurowych ze stali stopowej (niekiedy wysokostopowej, nierdzewnej). Podstawową technologią łączenia jest spawanie. Istnieją kotły opłomkowe, w których woda płynie wewnątrz rur ułożonych krzyżowo lub przestawnych, kotły płomieniówkowe, w których wewnątrz rur płyną spaliny, lub płomienicowo-płomieniówkowe (zakres dużych mocy kotłów wysokoprężnych).

W kotłach, jako materiał konstrukcyjny, stosowane jest wyłącznie żeliwo szare stopowe. Umożliwia ono nadawanie dowolnych kształtów konstrukcyjnych bez potrzeby dodawania innych materiałów.

Swoboda kształtowania powierzchni wymiany ciepła pozwala w dużym stopniu zmniejszyć wymiary kotła. Ponadto żeliwo umożliwia zastosowanie konstrukcji członowej wymienników ciepła, co ułatwia wstawianie dużych kotłów w częściach do kotłowni i ich montaż na miejscu!

Wysoka odporność na korozję powierzchni zewnętrznej żeliwa szarego stopowego nie poddane nawet dodatkowym zabiegom uszlachetniającym, pozwala obniżyć cenę kotła (wyeliminowanie stali wysokostopowej)!!

Wysoka sprężystość żeliwa zapewniona przez elektryczne stopienie podstawowych składników stopowych, stwarza możliwości eksploatacji kotła ze zmienną temperaturą, bez obaw powodowania szoku termicznego.

Budowa komory paleniskowej i rodzaj palników

W kotłach żeliwnych wyposażonych w palniki wentylatorowe stosuje się komory paleniskowe chłodzone lub tzw. gorące z odwróconym płomieniem. Są one utworzone z członów i wyposażone w żebra. Komory paleniskowe współpracujące z palnikami wentylatorowymi mają wysokie obciążenia cieplne q_{kp} , 950 kW/m³. Palniki wentylatorowe powinny być badane łącznie z komorą, by wykluczyć zaniżenie parametrów pracy palnika. Komory kotłów z palnikami gazowymi atmosferycznymi mają obciążenia cieplne niższe o ok. 30 – 45%.

W kotłach opalanych gazem stosuje się dwa rodzaje palników: atmosferyczne lub palniki zblokowane (wentylatorowe). Do spalania oleju stosuje się wyłącznie palniki wentylatorowe.

Rola i znaczenie palników atmosferycznych wzrastają w miarę rozwoju i doskonalenia techniki spalania. Zakres regulacji palników wynosi od 15 – 100%.

Zalety grzewczych kotłów gazowych z palnikami atmosferycznymi w stosunku do kotłów gazowych z palnikami wentylatorowymi są następujące:

- prosta budowa palników, cicha praca kotła i rezygnacja z osłon akustycznych,
- możliwość pracy z płynnie zmienianą temperaturą wody, bez jakichkolwiek ograniczeń temperatury powrotu,
- mała wrażliwość na zmiany składu i ciśnienia spalanego gazu, niskie zużycie energii elektrycznej,
- kocioł tworzy jedną całość z palnikiem i może natychmiast pokryć zapotrzebowanie na energię cieplną,
- oddzielenie komina od kotła poprzez ogranicznik ciągu (brak oddziaływania spiętrzenia lub zwrotu wstecznego spalin na przebieg spalania i możliwość suszenia komina w okresie przerwy pracy palnika i kotła z możliwością zabudowy klapy spalin przed ogranicznikiem ciągu,
- możliwość wentylacji przestrzeni kotłowni poprzez ogranicznik ciągu i rezygnacja z wentylacji przez dach,
- możliwość umieszczenia przyłączy wody i gazu po lewej lub prawej stronie albo naprzemiennie.

Kotły z palnikami atmosferycznymi są budowane na moce cieplne do 500 – 800 kW, co wynika z obliczeń optymalizacyjnych.

Kotły gazowe z palnikami wentylatorowymi pozwalają na uzyskiwanie większych mocy cieplnych i powinny być stosowane w większych kotłach, jako palniki dwustopniowe. W kotłach o mocy powyżej 2000 kW powinny być instalowane palniki regulowane bezstopniowo (modulacyjnie). Stosowanie ich w kotłach do mocy 350 kW oznacza wzrost ceny kotła (o cenę palnika), bez znaczących korzyści eksploatacyjnych.

Zastosowane palniki gazowe atmosferyczne w kotłach o mocy 1000 kW powinny zapewnić następujące wartości emisji (norma PN-93/35350):

- tlenki azotu $\text{NO}_x = 35 \text{ g/GJ}$ (w przeliczeniu na NO_2),
- tlenek węgla $\text{CO} = 28 \text{ g/GJ}$.

W przypadku palników wentylatorowych wartości emisji są wyższe i zależą od typu i odmiany konstrukcyjnej.

Dla palników gazowych posiadających znak „Błękitnego Anioła” norma emisji NO_x wynosi 27,9 g/GJ.

Dla palników na olej opałowy lekki, posiadających znak „Błękitnego Anioła” norma emisji NO_x wynosi 36,1 g/GJ.

Pojemność wodna i inercja cieplna

Kocioł charakteryzuje się pojemnością wodną. Pojemność wodna – V decyduje o inercji cieplnej, elastyczności, dynamice, a także ciężarze kotła. Kotły stalowe opłomkowe, stalowe płomienicowe i kotły płomienicowo-płomieniówkowe są kotłami o znacznej lub bardzo dużej pojemności wodnej. Spotykane pojemności wodne kotłów w tej grupie od $1,0 - 9,5 \text{ m}^3$ [8, 9, 13, 17].

Kotły żeliwne mają z reguły znacznie mniejszą lub małą pojemność wodną (od 10 dm^3 do $2,5 \text{ m}^3$), [8, 9, 13, 17]. Grubość ścianki żeliwnego odlewu musi mieć określoną wartość w celu zapewnienia odpowiedniej sztywności i wytrzymałości. Konieczne jest również uzyskanie odpowiedniego przekroju przepływowego wody w członach żeliwnego wymiennika ciepła. Osiąga się to dzięki stworzeniu optymalnego rozdziału wody za pomocą rozdzielaczy rurowych i właściwej prędkości oraz zastosowaniu mniejszych członów o małej pojemności wodnej.

Inercja cieplna kotła wodnego jest miarą akumulowanej energii cieplnej $\Delta\dot{Q}_{\text{ak}}$ przy zmianie temperatury wody o Δt_w i wyraża się zależnością

$$\Delta\dot{Q}_{\text{ak}} = V(\bar{\rho} \bar{c}) \frac{d(\Delta t_w)}{dt} \quad (1)$$

Kocioł o małej pojemności wodnej umożliwia szybki przyrost temperatury wody przy określonym strumieniu ciepła (wysoka dynamika z powodu małej inercji). Ponadto zapewnia długotrwałą bezawaryjną eksploatację i ma mniejsze gabaryty i ciężar. Odnacza się małą wrażliwością kotła na kondensację pary wodnej w spalinach i stratę postojową (strata związana z utrzymaniem kotła w stanie gotowości eksploatacyjnej).

Większa prędkość przepływu wody w poszczególnych członach kotła o małej pojemności wodnej gwarantuje intensywniejszą wymianę ciepła oraz niższą skłonność do odkładania się kamienia kotłowego wewnątrz kotła.

Zbyt mała pojemność wodna kotła oznacza jednak konieczność częstego włączania i wyłączania palnika przez automatykę, co prowadzi do przyspieszonego zużycia palnika oraz zwiększenia emisji CO i NO_x .

Systemy przepływu spalin i wielkość powierzchni wymiany ciepła

W kotłach wodnych niskotemperaturowych stosuje się najczęściej dwukrotny i trzykrotny przepływ spalin przy omywaniu powierzchni ogrzewalnej w kotłach wyposażonych w palniki wentylatorowe. Jednokrotny przepływ spalin spotyka się tylko w kotłach wyposażonych w palniki gazowe atmosferyczne. Podyktowane to jest oporami przepływu spalin, pracą komina (ogranicznik ciągu) i stabilizacją spalania.

Kotły wodne płomienicowo–płomieniówkowe mają również trójciągowy przepływ spalin. Zastosowanie trójciągowego przepływu spalin umożliwia zbudowanie większej powierzchni ogrzewalnej i tym samym uzyskanie większej mocy cieplnej przy wyższej sprawności.

W wysokosprawnych małogabarytowych kotłach stosuje się gęstości strumienia ciepła rzędu 25 – 55 kW/m² w zależności od sposobu intensyfikacji wymiany ciepła.

W kotłach niskotemperaturowych kondensujących stosuje się dodatkowy wymiennik ciepła umożliwiający podgrzanie wody powrotnej o temperaturze 32 – 36°C do temperatury 50 – 65°C przy założeniu pełnej kondensacji. W wymienniku następuje kondensacja pary wodnej zawartej w spalinach.

W celu obniżenia temperatury spalin w kotłach płomienicowo–płomieniówkowych stosuje się również dodatkowy podgrzewacz wody.

Gabaryty i masa kotła

Gabaryty kotła i jego masa wynikają z zastosowanych rozwiązań powierzchni ogrzewalnych i sposobu intensyfikacji wymiany ciepła. Kotły trójciągowo żeliwne wypadają korzystniej i mają większą sprawność.

Maksymalna sprawność i temperatura spalin

W kotłach opalanych paliwami gazowymi i olejem opałowym lekkim występują dwie straty: strata wylotowa – S_{wyl} , związana z temperaturą spalin oraz strata ciepła przez obudowę i izolację do otoczenia – S_{ot} . Sprawność kotła wodnego określa więc zależność:

$$\eta_k = 100 - S_{wyl} - S_{ot} \quad (2)$$

W zależności od wielkości zabudowanej powierzchni ogrzewalnej uzyskuje się większe schłodzenie spalin i obniżenie temperatury spalin przy większym obciążeniu cieplnym. Zastosowanie silnie rozwiniętej powierzchni zewnętrznej (żebra w żeliwnych kotłach) daje dużo większy efekt niż użycie turbulizatorów wbudowanych do płomieniówek kotłów stalowych. Współczesne kotły powinny wykazywać sprawności powyżej 90,0%. Przyrost sprawności ($\Delta\eta_k$) o 1 punkt procentowy (obszar powyżej 91,0%) może oznaczać w praktyce wzrost ceny kotła o ok. 7 – 10%.

W kotłach żeliwnych jednociągowych gazowych z palnikami atmosferycznymi temperatury spalin wynoszą od 170 – 120°C. W kotłach kondensujących temperatura spalin na ogół powinna spełniać zależność – $t_{s,wyl} = t_{wody\ powrotnej} + (5 \div 8)^\circ C$, w kotłach żeliwnych dwuciągowych z palnikami wentylatorowymi od 210 – 180°C. W kotłach żeliwnych trójciągowych jest możliwe obniżenie temperatury spalin do ekonomicznego poziomu 150°C.

Zastosowanie ekonomizerów wolnostojących lub zblokowanych z kotłami obniża temperaturę spalin do poziomu 120°C.

W kotłach wysokotemperaturowych płomienicowo–płomieniówkowych bez dodatkowych ekonomizerów temperatury spalin sięgają 220 ÷ 250°C.

Strata ciepła do otoczenia – S_{ot} przy zastosowaniu nowoczesnych materiałów izolacyjnych nie przekracza 0,5 ÷ 1,0%.

Najwyższe sprawności uzyskuje się w kotłach z trójciągowym przepływem spalin i w kotłach kondensujących (95,0 ÷ 97,5%)¹. Najniższe sprawności uzyskuje się w kotłach jednociągowych. Udział kotłów kondensujących na polskim rynku jest niewielki (poniżej 8%) z uwagi na brak niskoparametrowych instalacji grzewczych oraz niekorzystne relacje między ceną kotła, sprawnością (kosztami eksploatacji) i kosztem paliwa.

Średnioroczna sprawność użytkowa

O ekonomii eksploatacji systemu grzewczego decyduje głównie nie sprawność znamionowa kotła (maksymalna) – $\eta_{k \max}$, lecz sprawność odniesiona do całego okresu eksploatacji systemu – $\eta_{k, \text{sez}}$, uwzględniająca stratę postojową kotła – S_{post} i ilość godzin eksploatacji palnika w sezonie – n_{pal} . Jest ona odniesiona do całego okresu eksploatacji T_{sez} . Wyraża się zależnością:

$$\eta_{k, \text{sez}} = \frac{\eta_{k \max}}{1 + \left(\frac{T_{\text{sez}}}{n_{\text{pal}}} - 1 \right) \frac{S_{\text{post}}}{100}} \quad (3)$$

Strata postojowa kotła jest związana z oddawaniem ciepła w czasie postoju (wyłączenie palnika) i nagrzewaniem kotła po ponownym uruchomieniu palnika. Wartość straty postojowej największych kotłów o dobrej izolacji i odcięciu kłapą w przewodzie spalinowym połączenia kotła z atmosferą – 0,4 ÷ 0,6%. Małe kotły – 1,0 ÷ 5,0%.

Przy niewłaściwym doborze kotła do systemu (o zbyt dużej mocy znamionowej) uzyskuje się niską wartość średniorocznej sprawności użytkowej kotła. W najniekorzystniejszym przypadku przewymiarowany kocioł może spowodować spadek średniorocznej sprawności użytkowej o 10 ÷ 15 punktów procentowych. W tabelicy 2 przedstawiono wyniki obliczeń systemu z dobrze dobranym źródłem ciepła – A i systemu z kotłem przewymiarowanym o dużej stracie postojowej. W obu przypadkach długość sezonu grzewczego przyjęto taką samą.

¹ W odniesieniu do ciepła spalania paliwa. Przeliczając na wartość opałową uzyskuje się wartości 105,0 ÷ 107,6%.

Tablica 2

Zmiana średniorocznej sprawności użytkowej dwóch źródeł ciepła

Parametr	Kocioł A	Kocioł B		
		Liczba godzin pracy palnika		
		n = 2500	n = 1500	n = 800
Sprawność znamionowa	92,0%	90,0%	90,0%	90,0%
Długość sezonu grzewczego	3750 h	3750 h	3750 h	3750 h
Liczba godzin pracy palnika na stopniu I + II (obc. maksymalne)	724 h	687 h	500 h	235 h
Liczba godzin pracy palnika na stopniu I (obc. częściowe)	1075 h	1041h	956 h	897 h
Strata postojowa	0,4%	3,0%	3,0%	3,0%
Średnioroczna sprawność użytkowa kotła	91,60%	86,94%	85,93%	84,16%

Należy pamiętać, że średnioroczna sprawność użytkowa ma większe znaczenie w eksploatacji niż maksymalna kotła (decyduje o ilości zużytego paliwa w sezonie grzewczym) i zależy od właściwego doboru mocy kotłów do przewidywanego obciążenia i zastosowanej określonej automatyki (pogodowej)! W celu zwiększenia średniorocznej sprawności użytkowej zaleca się stosowanie palników dwustopniowych lub modulacyjnych.

Sposób regulacji mocy cieplnej w systemie

Przy realizacji algorytmów sterowania z wykorzystaniem funkcji zmiennej w czasie temperatury (osłabienia nocne, zmienna intensywność ogrzewania) jako wielkości regulowanej i włączeniem wielkości zakłócających, np. temperatury zewnętrznej, stosuje się następujące sposoby:

- regulacja centralna w źródle ciepła (jakościowa) ze sprawnością 70%,
- regulacja centralna na podstawie reprezentatywnego pomieszczenia – sprawność 75%,
- regulatory lokalne we wszystkich pomieszczeniach (termostatyczne zawory grzejnikowe), sprawność regulacji – 84%,
- regulacja nadążna temperatury zasilania w węźle (z algorytmem pogodowym) lub powrotu – sprawność regulacji do 90%. Póki co najlepszy jest sposób w połączeniu z termostatycznymi zaworami grzejnikowymi o zmiennej funkcji.

Kotły wyposażone w palniki wentylatorowe z regulacją bezstopniową mogą mieć zakres regulacji 1 : 15, z zastosowaniem palników dwustopniowych 1 : 2 (100% – 50%).

Sposób zabezpieczenia przed korozją (stabilizacja i podnoszenie temperatury powrotu)

Jest to istotny parametr eksploatacyjny, bowiem kotły pracują na ogół ze zmiennymi obciążeniami, tj. różną częstotliwością włączeń i wyłączeń palnika. W okresie rozruchu i przy niskim obciążeniu spaliny kotłowe mają niską temperaturę i wykrapla się z nich para wodna.

Korozja niskotemperaturowa powstaje w wyniku oddziaływania wilgoci wykraplanej ze spalin i mającej odczyn kwaśny na powierzchnie metalowe. Efekt korozyjny może być lokalnie bardzo intensywny i spowodować przyspieszone zużycie kotła. Temperatura punktu rosy dla gazu ziemnego jest ok. 10 K wyższa niż dla oleju opałowego. Temperatury te zmieniają się od 42 do 58°C.

W kotłach stalowych konieczne jest stosowanie: stali o zwiększonej odporności korozyjnej oraz układu podnoszenia temperatury wody powrotnej (realizowanego w układach z zaworami mieszającymi)! Dotyczy to większości kotłów płomienicowo–płomieniówkowych średnio– i wysokoprężnych.

W kotłach żeliwnych trójciągowych opalanych olejem opałowym i gazem konieczne jest również stosowanie układu podnoszącego temperaturę powrotu w celu skrócenia czas rozruchu kotła i ograniczenia okresu występowania niższych temperatur spalin. Kotły dwuciągowe nie muszą mieć układu podnoszenia temperatury powrotu, lecz tylko układ ograniczający jej dolną wartość. Najczęściej stosowane wartości temperatury powrotu: kotły żeliwne 40 – 45°C, kotły stalowe 50 – 60°C!

Kotły żeliwne, gazowe z palnikami atmosferycznymi (jednociągowe) nie mają żadnych ograniczeń, ponieważ możliwość wykraplania się pary wodnej jest niewielka, natomiast korzystne są warunki utrzymywania suchej i czystej powierzchni zewnętrznej członów żeliwnych.

Trwałość

Producent kotła określa przeciętną trwałość kotła na podstawie badań i obliczeń. Ma ona znaczenie teoretyczne, bowiem na trwałość duży wpływ mają warunki eksploatacji, np. stosowanie wody surowej o wysokiej twardości doprowadza do odkładania się kamienia kotłowego, co powoduje lokalne przegrzanie materiału i przyspieszoną degradację kotła. Podstawowe zagrożenie stanowi jednak korozja. Aby ją ograniczyć, konieczne jest stosowanie układów podnoszenia temperatury wody powrotnej.

Wyniki badań materiałowych i zjawiska korozji pozwalają szacować trwałość kotłów. Wynosi ona dla kotłów żeliwnych 10 – 25 lat, kotłów stalowych 5 + 12 lat.

Uwarunkowania eksploatacyjne kotłów wodnych kondensujących

Kotły wodne niskotemperaturowe kondensujące powinny być dobrane do instalacji grzewczej o niskich parametrach. Niska temperatura wody powrotnej zapewnia wtedy wystąpienie kondensacji pary wodnej w spalinach [1, 10]. Stąd kotły te powinny pracować w instalacjach o parametrach 50/35°C lub 70/50°C.

W kotłach kondensujących powinna być regulacja nadmiaru powietrza celem utrzymania stałości temperatury rosenia spalin i stabilizacji kondensacji.

Kotły kondensujące nowej generacji mają optymalizację nadmiaru powietrza [18].

Podsumowanie

Nowoczesne kotły wodne niskotemperaturowe charakteryzują się sprawnością powyżej 90,0%, jeżeli przeznaczone są do spalania oleju opałowego lekkiego lub gazu ziemnego (lub obu paliw naprzemiennie).

Konstrukcja kotłów żeliwnych poszczególnych producentów różni się wielkością ciśnienia roboczego, pojemnością wodną, sposobem ożebrowania, budową i wielkością komory paleniskowej, systemem przepływu spalin, a także gabarytami i masą.

Właściwy dobór mocy znamionowej kotła jest istotny, bowiem dzięki temu zapewni się możliwie wysoką średnioroczną sprawność użytkową kotła.

Kotły kondensujące mają ograniczenia eksploatacyjne, wynikające z konieczności zapewnienia eksploatacji z kondensacją, aby je w pełni wykorzystać.

Literatura

1. Rataj Z. L.: Ekonomiczne i ekologiczne aspekty stosowania kotłów kondensujących w ciepłownictwie. Materiały VIII Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej – „Postęp Techniczny w Ciepłownictwie”. Poznań, 22 – 23 listopad 1993.
2. Rataj Z. L.: Celowość stosowania kotłów kondensujących firmy TTI-Remeha w ciepłownictwie. Przegląd Mechaniczny nr 33–34, 1993.
3. Rataj Z. L., Mizerski L.: Nowoczesne ekologiczne systemy grzewcze. Referat na I Wystawie Budownictwa Ekologicznego na Ziemi Wodzisławskiej. Wodzisław 2 – 4 września 1994.

4. Rataj Z. L.: Kierunki racjonalizacji i wykorzystania energii cieplnej w budynkach. Referat na I Wystawie Budownictwa Ekologicznego na Ziemi Wodzisławskiej. Wodzisław 2 – 4 września 1994.
5. Rataj Z. L.: Kotły wodne jako źródła ciepła cz. I. Rynek Instalacyjny, nr 10, 1994.
6. Rataj Z. L.: Kotły wodne jako źródła ciepła cz. II. Rynek Instalacyjny, nr 11, 1994.
7. Rataj Z. L.: Postęp w ogrzewnictwie. Rynek Instalacyjny, nr 2, 1995.
8. Rataj Z. L.: Charakterystyka techniczna kotłów grzewczych małej i średniej mocy w Polsce. Przegląd kotłów oferowanych przez producentów zagranicznych. Część I. Ogrzewnictwo Praktyczne, nr 2, 1995.
9. Rataj Z. L.: Charakterystyka techniczna kotłów grzewczych małej i średniej mocy w Polsce. Przegląd kotłów oferowanych przez producentów zagranicznych. Część II. Ogrzewnictwo Praktyczne, nr 3, 1995.
10. Rataj Z. L.: Ograniczenia i możliwości techniczno–eksploatacyjne grzewczych kotłów kondensujących. Materiały Konferencji z udziałem ekspertów ONZ: Workshop on Development of Clean Small-Size Boilers for Industrial, Households and Farming Sectors. Szczyrk, 5 – 7 kwietnia 1995.
11. Rataj Z. L., Orszulik E.: Wymagania dla kotłów stosowanych w nowoczesnych systemach grzewczych. Materiały Konferencji z udziałem ekspertów ONZ: Workshop on Development of Clean Small-Size Boilers for Industrial, Households and Farming Sectors. Szczyrk, 5 – 7 kwietnia 1995.
12. Rataj Z. L., Rusin E.: Możliwości obniżenia ilości powstających tlenków azotu w kotłach grzewczych niskotemperaturowych. Materiały Konferencji z udziałem ekspertów ONZ: Workshop on Development of Clean Small-Size Boilers for Industrial, Households and Farming Sectors. Szczyrk, 5 – 7 kwietnia 1995.
13. Rataj Z. L.: Metody obniżania emisji NO_x z kotłów grzewczych. Konferencja techniczna: Nowe metody technologiczne w ciepłownictwie. Sieraków Wlkp. 27 – 29 marca 1995.
14. Rataj Z. L.: Charakterystyka techniczna kotłów grzewczych małej i średniej mocy w Polsce. Przegląd kotłów oferowanych przez krajowych producentów. Część I. Ogrzewnictwo Praktyczne, nr 4, 1995.
15. Rataj Z. L.: Ograniczenia termodynamiczne i eksploatacyjne grzewczych kotłów kondensujących cz I. Rynek Instalacyjny, nr 10, 1995.
16. Rataj Z. L.: Ograniczenia termodynamiczne i eksploatacyjne grzewczych kotłów kondensujących cz II. Rynek Instalacyjny, nr 11, 1995.
17. Rataj Z. L.: Charakterystyka techniczna kotłów grzewczych małej i średniej mocy w Polsce. Przegląd kotłów oferowanych przez krajowych producentów. Część II. Ogrzewnictwo Praktyczne, nr 1, 1996.

18. Rataj Z. L.: Charakterystyka techniczna kotłów grzewczych małej i średniej mocy w Polsce. Przegląd kotłów oferowanych przez krajowych producentów. Część III. Ogrzewnictwo Praktyczne, nr 2, 1996.
19. Rataj Z. L.: Zalety kotłów kondensujących nowej generacji. Rynek Instalacyjny nr 2, 1996.
20. Rataj Z. L.: Aspekt opłacalności użytkowania różnych paliw do celów grzewczych. Rynek Instalacyjny nr 1, 1996.
21. Orszulik E., Rataj Z. L.: Aspekty konstrukcyjne i ekologiczne wodnych niskotemperaturowych kotłów grzewczych. Rynek Instalacyjny, nr 8, 1996.
22. Rataj Z. L.: Metody oszczędności pierwotnych nośników energii. Opracowanie własne nieopublikowane. Gliwice, marzec 1996.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Edward Kostowski

Wpłynęło do Redakcji: 10. 10. 1996 r.

Abstract

A modern water boilers used in central heating systems and for hot water preparation are very compact and distinguished by several parameters. There are the constructional and the operational parameters, e.g. nominal heat output, working pressure, fuel characteristic, water volume, combustion chamber value and shape, overall efficiency and mean year user efficiency. Water boilers can be made from cast iron (about 70%) and from coal or alloy steel. Using of water boiler made from cast iron is very convenient in practice. Fuel (gas and oil) can be burned in boilers equipped with fan ventilators, or gas can be burned in atmospheric boilers. The advantages of atmospheric boilers were detailed described. Cast iron has some advantages. Special water boilers equipped with economisers, so called condensing boilers have more operational limits. Those boilers are good working in systems having a low return water temperature making possible a water vapour contained in flue gases to be condensed. The other limit is related to excess air ratio due because a dew water point depends on the air excess. Water volume of boilers is a parameter influenced on heat inertia of boilers.