

Urządzenie do oczyszczania i odzysku ciepła ze spalin emitowanych z komina

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do oczyszczania i odzysku ciepła ze spalin emitowanych z komina, zwłaszcza ze spalin z kotłowni lub domowych pieców grzewczych.

Dotychczas znane są różnego rodzaju urządzenia do oczyszczania spalin w przewodach kominowych. W urządzeniach tych najczęściej ze spalin usuwa się cząstki aerozolowe na różnego rodzaju materiałach filtracyjnych. Wyróżniane są wówczas filtry wstępnego oczyszczania spalin, których zadaniem jest wydzielenie ze spalin grubszych cząstek aerozolowych. Wyróżniane są też filtry dokładne i końcowe do oczyszczania spalin z cząstek submikrometrowych. W zgłoszeniu patentowym WO 2009011685 przedstawione jest urządzenie filtrujące, którego zadaniem jest oczyszczanie odprowadzanych kominem gazów odlotowych. Urządzenie składa się z nakładanej na komin komory z otworem wlotowym i wylotowym spalin, w której umieszczony jest wymienialny lub podlegający recyklingowi ceramiczny wkład filtracyjny. Z opisu patentowego US 8083574 znane jest urządzenie do oczyszczania spalin w formie nakładki na wylot rury odprowadzającej gazy odlotowe. Nakładka ta wyposażona jest usuwalny katalityczny filtr, który oczyszcza przechodzące przez niego spaliny. Oprócz urządzeń filtracyjnych znane są również urządzenia do bezwładnościowego, odśrodkowego i elektrostatycznego oczyszczania spalin. Mogą to być urządzenia, w których spaliny oczyszcza się zarówno metodami suchymi jak i mokrymi. Z opisu patentowego US 9084964 znane jest urządzenie do oczyszczania spalin składające się z suchego skrubera i radialnego filtra tkaninowego oraz centralnie usytuowanego osiowego wentylatora, który wymusza przepływ spalin. W zgłoszeniu patentowym CN 201200847 opisane jest urządzenie, w którym realizowane jest kilkustopniowe mokre oczyszczanie spalin. Urządzenie składa się z połączonych szeregowo odpylaczy wyposażonych w zraszacze wody. Spaliny, których ruch jest wymuszany za pomocą wentylatora przechodzą kolejno przez poszczególne odpylacze i są stopniowo oczyszczane. W zgłoszeniu patentowym CN 106871147 opisane jest urządzenie do oczyszczania spalin odprowadzanych z kotła węglowego składające się z elementu wymuszającego ruch spalin, elementu rozpraszającego wodną mgłą i elementu filtrującego. Podobne urządzenie, które można instalować na kominie odprowadzającym spaliny przedstawione jest w opisie zgłoszenia patentowego

CN 206027343. Gazy spalinowe w tym rozwiązaniu przechodzą przez warstwę wody i są poddawane podwójnemu oczyszczaniu na filtrach. Rozpowszechnionymi urządzeniami do oczyszczania spalin, w których wykorzystuje się działanie sił odśrodkowych na cząstki zanieczyszczeń są różnego rodzaju odpylacze cyklonowe.

5 Przykładem jest urządzenie do odpylania spalin i gazów przemysłowych przedstawione w opisie patentowym PL 216644. Elektrostatyczne oczyszczanie spalin przeprowadza się w elektrofiltrach. Przykładowe rozwiązania konstrukcji elektrofiltrów przedstawione są w opisach patentowych DE 1078096 i EP 2451582. W opisie patentowym US 6621136 przedstawiony jest elektrostatyczny odpylacz posiadający centralną

10 wysokonapięciową elektrodę i rozmieszczony wokół niej porowaty materiał zatrzymujący naładowane cząstki aerozolowe. W zgłoszeniu patentowym US 3400513 zaprezentowany jest elektrostatyczny odpylacz wykonany w postaci zwężki kanałowej przypominającej strumienicę. Urządzenie zaprezentowane w zgłoszeniu patentowym US 3222848 posiada wymienne ramki z elektrodami osadczymi, które oczyszcza się

15 po określonym czasie pracy urządzenia. Natomiast opis patentowy US 6783575 przedstawia elektrostatyczny filtr instalowany wewnątrz kanału odprowadzającego gazy odlotowe. Znane są też rozwiązania wykorzystujące właściwości zjonizowanej materii. Urządzenie opisane w zgłoszeniu patentowym CN 106731544 zawiera komorę, przez którą przechodzą spaliny i w której przy wlocie spalin zainstalowany jest

20 filtr tkaninowy do usuwania cząstek stałych. W środku komory znajduje się jeden lub kilka reaktorów plazmowych, których zadaniem jest oczyszczanie spalin z zanieczyszczeń chemicznych, a na wylocie komory zainstalowany jest co najmniej jeden wentylator. Urządzenie wyposażone w palniki gazowe, których zadaniem jest dopalanie zawartych w spalinach cząstek stałych oraz pozostałych palnych substancji

25 przedstawione jest w zgłoszeniu patentowym CN 206073093. Znane są również urządzenia wykorzystujące procesy fotokatalitycznego utleniania. W opisie patentowym US 7951327 przedstawiony jest moduł fotokatalitycznego usuwania zanieczyszczeń powietrza. Głównym elementem urządzenia jest filtr z tkaniną filtracyjną pokrytą TiO_2 oraz aktywująca lampa UV. W zgłoszeniu patentowym US 20040007453

30 przedstawiony jest oczyszczacz powietrza o cylindrycznym kształcie, wewnątrz którego umieszczona jest lampa UV oświetlająca specjalnie ukształtowane włókna pokryte fotokatalityczną substancją. Urządzenie fotokatalityczne, w którym na drodze przepływu zanieczyszczonego gazu koncentrycznie rozmieszczone są elementy,

których powierzchnie pokryte są materiałem fotokatalitycznym oraz źródła światła UV przedstawione jest w zgłoszeniu patentowym US 20100209312.

Oczyszczanie spalin może być realizowane w urządzeniach, w których w różnorodnych kombinacjach łączone są różne metody oczyszczania. Na przykład odpylanie spalin można realizować w urządzeniach, w których na cząstki zanieczyszczeń jednocześnie działają siły bezwładności, siły odśrodkowe i siły elektrostatyczne. W rozwiązaniu przedstawionym w opisie patentowym PL 194549 cząstki zanieczyszczeń wydzielane są ze spalin w urządzeniu posiadającym cylindryczną porowatą przegrodę, centralnie umieszczony dolny kanał do usuwania cząstek i górny kanał do odprowadzania oczyszczonych spalin. Z opisu patentowego PL 216297 znane jest urządzenie do odśrodkowego oczyszczania spalin o konstrukcji zbliżonej do odpylacza cyklonowego. Urządzenie posiada elektrodę generującą wyładowania koronowe oraz koncentrycznie rozmieszczone pionowe żaluzje spełniające funkcję elektrod rozładowczych.

Dotychczas znane są różnego rodzaju urządzenia do odzyskiwania ciepła ze spalin odprowadzanych przewodem kominowym. Z opisu patentowego WO 9701072 znany jest wymiennik ciepła, który montowany jest na przewodzie odprowadzającym spaliny z komory spalania. Czynniki odbierający ciepło ze spalin jest cyrkulacyjnie doprowadzany do przegrody, przez którą przechodzą spaliny. W opisie patentowym PL 195174 przedstawiony jest wymiennik ciepła, który w zewnętrznej warstwie ma spiralnie zamontowane rurki, którymi przepływa czynnik odbierający ciepło ze spalin. Urządzenie do odzyskiwania ciepła, które może być montowane w dwukanałowych przewodach kominowych przedstawione jest w opisie patentowym PL 200318. Wewnętrznym kanałem odprowadzane są spaliny natomiast zewnętrznym kanałem przepływa czynnik odbierający ciepło ze spalin. W zgłoszeniu patentowym CN 106322408 opisane jest katalityczne urządzenie do spalania, które zawiera komorę spalania, wymiennik ciepła, filtr gazów spalinowych i wentylator, przy czym filtr gazów spalinowych znajduje się za wymiennikiem ciepła.

Celem wynalazku jest oczyszczanie i równoczesny odzysk ciepła ze spalin emitowanych z komina, zwłaszcza ze spalin z kotłowni lub domowych pieców grzewczych.

Istotą urządzenia do oczyszczania i odzysku ciepła ze spalin emitowanych z komina według wynalazku posiadającego wymiennik ciepła, filtr oczyszczania spalin oraz wentylator jest to, że w obudowie urządzenia znajduje się wymiennik ciepła oraz

filtr do usuwania cząstek aerozolowych, nad którymi znajduje się wentylator. Na wlocie spalin do urządzenia znajdują się pierwsze czujniki temperatury i ciśnienia spalin oraz pierwsze czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych. Przed wentylatorem znajdują się drugie czujniki temperatury i ciśnienia spalin oraz drugie czujniki stężenia 5 cząstek i zanieczyszczeń chemicznych. Czujniki temperatury i ciśnienia spalin oraz czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych połączone są z modułem sterowania, który połączony jest z wentylatorem.

Korzystnie w obudowie urządzenia od strony wlotu spalin znajduje się kolejny wymiennik ciepła oraz filtr do usuwania cząstek aerozolowych.

10 Wskazane jest gdy nad filtrem do usuwania cząstek aerozolowych znajduje się moduł fotokatalitycznego oczyszczania spalin z porowatą przegrodą zawierającą dwutlenek tytanu - TiO_2 i z zestawem diod elektroluminescencyjnych UV-A. Alternatywnie nad filtrem do usuwania cząstek aerozolowych znajduje się moduł adsorpcyjnego 15 oczyszczania spalin z sorbentem. Zamiennie nad filtrem do usuwania cząstek aerozolowych znajduje się moduł elektrostatycznego oczyszczania spalin z elektrodami jonizującymi i z elektrodami osadczymi.

Dodatkowo wentylator, moduł sterowania, moduł fotokatalitycznego oczyszczania spalin i moduł elektrostatycznego oczyszczania spalin połączone są z przetwornicą napięcia, która połączona jest z modułem zasilania.

20 Korzystnie moduł zasilania połączony jest z panelem fotowoltaicznym, który zamocowany jest do komina lub do obudowy urządzenia poprzez mechanizm sterujący jego położeniem.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest to, że przy niskich kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych ze spalin emitowanych z komina usuwane są 25 szkodliwe zanieczyszczenia oraz odzyskiwane jest ciepło. Niezależnie od jakości spalanego paliwa i efektywności procesu spalania, którą można polepszać wykorzystując odzyskiwane ciepło jakość emitowanych spalin jest akceptowalna. Oczyszczanie spalin związanych z tzw. niską emisją pochodzącą z kominów lokalnych kotłowni i domowych pieców grzewczych istotnie ogranicza możliwość powstawania 30 smogu. Odzyskiwane ciepło ze spalin i zawracane do instalacji grzewczej zwiększa efektywność energetyczną budynku.

Wynalazek został przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1a przedstawia urządzenie złożone z wyrwaniami w widoku perspektywicznym w pierwszym

przykładzie wykonania, fig. 1b – urządzenie rozłożone w widoku perspektywicznym w pierwszym przykładzie wykonania, fig. 2a – urządzenie złożone z wyrwaniem w widoku perspektywicznym w drugim przykładzie wykonania, fig. 2b – urządzenie rozłożone w widoku perspektywicznym w drugim przykładzie wykonania.

5 Przykład 1.

Urządzenia do oczyszczania i odzysku ciepła ze spalin zamontowane zostało na kominie 1 kotłowni, którego prostokątny przekrój kanału spalinowego miał wymiary 0,20x0,27 m. W kotłowni spalane były mieszanki węgla energetycznego typu 31-33, a także śmieci różnego pochodzenia. Obudowa urządzenia 2 została przytwierdzona do komina 1 za pomocą elementów mocujących 20. W urządzeniu od strony wlotu spalin znajdował się filtr do usuwania cząstek aerozolowych 4 firmy Bufil. Filtr ten wykonany był z tkaniny z włókien stali stopowej i wyposażony był w dno zgarniakowe ułatwiające usuwanie nagromadzonego pyłu. Nad filtrem do usuwania cząstek aerozolowych 4 umieszczony był wykonany z blachy kotłowej wymiennik ciepła 3 o mocy 20 KW z węzownicą wodną, nad którym zamocowany był moduł elektrostatycznego oczyszczania spalin 11 z pierwszymi w kolejności elektrodami jonizującymi 11a i z drugimi elektrodami osadczymi 11b zamontowanymi w odpowiednich ramach wykonanych z materiału elektroizolacyjnego tekstolit ToF-1. Elektrody osadcze 11b oddzielone były od siebie elementami dystansowymi 18. Nad modułem elektrostatycznego oczyszczania spalin 11 zamontowany był kolejno moduł fotokatalitycznego oczyszczania spalin 9 z porowatą przegrodą 9a zawierającą 65% TiO_2 i z zestawem diod UV-A 9b oraz wentylator 5 wymuszający przepływ spalin przez urządzenie. Stosowany był modyfikowany wentylator firmy Systemair ZRS 180 ze stali nierdzewnej o maksymalnym wydatku $518 \text{ m}^3/\text{h}$, który wyposażony był w deflektor 21 i kratkę zabezpieczającą 22. Na wlocie spalin do urządzenia znajdowały się pierwsze czujniki temperatury i ciśnienia spalin 6a oraz pierwsze czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych 7a, zaś pomiędzy modułem fotokatalitycznego oczyszczania spalin 9 a wentylatorem 5 znajdowały się drugie czujniki temperatury i ciśnienia spalin 6b oraz drugie czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych 7b. Czujnikami temperatury i ciśnienia spalin 6a i 6b były odpowiednio czujniki rezystancyjne Pt1000 i sondy stalowe odporne na zatykanie sadzą połączone z przetwornikiem różnicowym ciśnienia DE28. Czujnikami stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych 7a i 7b były sondy analizatora spalin testo 380. Czujniki

temperatury i ciśnienia spalin 6a, 6b oraz czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych 7a, 7b połączone były z modułem sterowania 8 w postaci regulatora DP1S, który z kolei połączony był z wentylatorem 5. Moduł zasilania 13 w postaci akumulatora i inwertera firmy SMA Sunny Island połączony był z panelem 5 fotowoltaicznym 14 zamocowanym do obudowy urządzenia 2, którego położenie względem słońca ustawiane było za pomocą mechanizmu sterującego jego położeniem 19 w postaci dwóch siłowników. Przetwornica napięcia 12, którą był transformator firmy TELTO połączona była z modułem zasilania 13. W przetwornicy napięcia 12 wytwarzane było stałe napięcie 6 kV, które zwielokrotniane w powielaczu 10 napięcia podawane było na elektrody jonizujące 11a i elektrody osadcze 11b modułu elektrostatycznego oczyszczania spalin 11. Elektrody jonizujące 11a podłączone były do bieguna dodatniego poprzez styki elektryczne elektrod jonizujących 16, a elektrody osadcze 11b podłączone były do bieguna ujemnego poprzez styki elektryczne elektrod osadczych 17. Styki elektryczne elektrod jonizujących 16 i styki elektryczne elektrod osadczych 17 umieszczone były na przeciwległych bokach modułu elektrostatycznego 15 oczyszczania spalin 11. Z przetwornicy napięcia 12 dostarczane było również napięcie 230 V, którym zasilany był wentylator 5 i moduł sterowania 8 oraz napięcie 24 V, którym zasilany był zestaw diod UV-A 9b modułu fotokatalitycznego oczyszczania spalin 9 poprzez styki elektryczne zestawu diod UV-A 15. Napięciem 24V zasilany był 20 także przetwornik różnicowy ciśnienia DE28.

Oczyszczanie i odzysk ciepła ze spalin z kotłowni, w której spalano węgiel i inne materiały przeprowadzono z zastosowaniem urządzenia przedstawionego w przykładzie wykonania. Oczyszczanie i odzysk ciepła polegał na tym, że spaliny emitowane z komina 1 kierowano na filtr do usuwania cząstek aerozolowych 4. 25 Ze spalin usunięto z 90% skutecznością cząstki aerozolowe zawierające wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, w tym benzo(a)piren, a także dioksyny i furany oraz polichlorowane bifenyle i metale ciężkie. W dalszej kolejności spaliny przemieszczono do wymiennika ciepła 3. Przechodząc przez wymiennik ciepła 3 ogrzewały wodę w wężownicy. Odzyskane ciepło przekazywano do ciepłej wody 30 użytkowej lub poprzez system c.o. do grzejników w pomieszczeniach mieszkalnych. Spaliny schłodzone w wymienniku ciepła 3 kierowano do modułu elektrostatycznego oczyszczania spalin 11, w którym usunięto pozostałe cząstki aerozolowe z 93% skutecznością. Następnie spaliny skierowano do modułu fotokatalitycznego

oczyszczania spalin 9, w którym oczyszczono je z lotnych związków organicznych z 92% skutecznością i odprowadzono do powietrza zewnętrznego. Podczas rozpalania w kotle moduł sterowania 8 ustawił wentylator na maksymalne obroty. Ułatwiło to rozpalenie i przeciwdziałało zadymianiu pomieszczenia kotłowni. Po rozpaleniu w kotle 5 czujniki temperatury i ciśnienia spalin 6a i 6b przekazały o tym informację do moduł sterowania 8, który od tej pory zaczął tak sterować prędkością wentylatora 5, aby utrzymywana była w kanale kominowym wymagana wartość podciśnienia w zakresie od 10 do 25 Pa. Wzrost oporów przepływu spalin na skutek gromadzenia się usuwanych z nich zanieczyszczeń na filtrze i w poszczególnych modułach 10 oczyszczania spalin zwiększał różnicę ciśnienia spalin na wlocie i wylocie z urządzenia. Na podstawie sygnałów z czujników temperatury i ciśnienia spalin 6a i 6b moduł sterowania 8 zwiększał odpowiednio prędkość obrotową wentylatora 5. W czasie unormowanego palenia w kotle stabilizowana była wartość podciśnienia ciągu kominowego. Po przekroczeniu ustawianej górnej wartości prędkości obrotowej 15 wentylatora 5 wysyłany był sygnał informujący o konieczności wymiany filtra lub modułów oczyszczania spalin. Wygaśnięcie kotła było wykrywane przez czujniki temperatury i ciśnienia spalin 6a i 6b i moduł sterowania 8 wyłączał działanie wentylatora 5. Przy nie ciągłej pracy urządzenia związanej z okresowym paleniem w kotle filtr do usuwania cząstek aerozolowych 4 wymieniano co siedem dni. 20 Co siedem dni czyszczono również elektrody osadcze 11b modułu elektrostatycznego oczyszczania spalin 11. Porowatą przegrodę 9a zawierającą TiO_2 w module fotokatalitycznego oczyszczania spalin 9 wymieniano co dziesięć dni pracy urządzenia. Regularnie czyszczono wymiennik ciepła 3 z osadzonej smoły i sadzy.

Przykład 2.

25 Urządzenia do oczyszczania i odzysku ciepła ze spalin zamontowane zostało na kominie 1 domowego pieca grzewczego, którego prostokątny przekrój kanału spalinowego miał wymiary 0,14x0,27 m. W piecu spalane było drewno, węgiel energetyczny oraz substancje odpadowe z gospodarstwa domowego. Obudowa urządzenia 2 została przytwierdzona do komina 1 za pomocą elementów mocujących 30 20. W urządzeniu od strony wlotu spalin znajdował się wykonany z blachy kotłowej wymiennik ciepła 3 o mocy 10 KW z węzownicą wodną, nad którym umieszczony był filtr do usuwania cząstek aerozolowych 4 firmy Bufil. Filtr ten wykonany był z tkaniny z włókien stali stopowej i wyposażony był w dno zgarniakowe ułatwiające usuwanie

nagromadzonego pyłu. Nad filtrem do usuwania cząstek aerozolowych 4 zamocowany był moduł elektrostatycznego oczyszczania spalin 11 z pierwszymi w kolejności elektrodami jonizującymi 11a i z drugimi elektrodami osadczymi 11b zamontowanymi w odpowiednich ramach wykonanych z materiału elektroizolacyjnego tekstolit ToF-1.

5 Elektrody osadcze 11b oddzielone były od siebie elementami dystansowymi 18. Nad modułem elektrostatycznego oczyszczania spalin 11 zamontowany był kolejno moduł adsorpcyjnego oczyszczania spalin 10 z efektywnym sorbentem 10a w postaci aktywnego koksu oraz wentylator 5 wymuszający przepływ spalin przez urządzenie. Stosowany był modyfikowany wentylator firmy Systemair ZRS 170 ze stali nierdzewnej

10 o maksymalnym wydatku 310 m³/h, który wyposażony był w deflektor 21 i kratkę zabezpieczającą 22. Na wlocie spalin do urządzenia znajdowały się pierwsze czujniki temperatury i ciśnienia spalin 6a oraz pierwsze czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych 7a, zaś pomiędzy modułem adsorpcyjnego oczyszczania spalin 10 a wentylatorem 5 znajdowały się drugie czujniki temperatury

15 i ciśnienia spalin 6b oraz drugie czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych 7b. Czujnikami temperatury i ciśnienia spalin 6a i 6b były odpowiednio czujniki rezystancyjne Pt100 i sondy stalowe odporne na zatykanie sadzą połączone z przetwornikiem różnicowym ciśnienia DS2. Czujnikami stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych 7a i 7b były sondy pyłomierza D-R 800 i analizatora

20 spalin LMBD4PLC. Czujniki temperatury i ciśnienia spalin 6a, 6b oraz czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych 7a, 7b połączone były z modułem sterowania 8 w postaci regulatora DP1S, który z kolei połączony był z wentylatorem 5. Moduł zasilania 13 w postaci akumulatora i inwertera firmy SMA Sunny Island połączony był z panelem fotowoltaicznym 14 zamocowanym do obudowy urządzenia 2, którego

25 położenie względem słońca ustawiane było za pomocą mechanizmu sterującego jego położeniem 19 w postaci dwóch siłowników. Przetwornica napięcia 12, którą był transformator STM 200 firmy BREVE połączona była z modułem zasilania 13. W przetwornicy napięcia 12 wytwarzane było stałe napięcie 6 kV, które zwielokrotniane w powielaczu napięcia podawane było na elektrody jonizujące 11a i elektrody osadcze

30 11b modułu elektrostatycznego oczyszczania spalin 11. Elektrody jonizujące 11a podłączone były do bieguna dodatniego poprzez styki elektryczne elektrod jonizujących 16, a elektrody osadcze 11b podłączone były do bieguna ujemnego poprzez styki elektryczne elektrod osadczych 17. Styki elektryczne elektrod jonizujących 16 i styki

elektryczne elektrod osadczycy 17 umieszczone były na przeciwległych bokach modułu elektrostatycznego oczyszczania spalin 11. Z przetwornicy napięcia 12 dostarczane było również napięcie 230 V, którym zasilany był wentylator 5 i moduł sterowania 8 oraz napięcie 24 V, którym zasilany był przetwornik różnicowy ciśnienia DS2.

Oczyszczanie i odzysk ciepła ze spalin z pieca domowego, w którym spalano drewno, węgiel i inne materiały przeprowadzono z zastosowaniem urządzenia przedstawionego w przykładzie wykonania. Oczyszczanie i odzysk ciepła polegał na tym, że spaliny emitowane z komina 1 przechodząc przez wymiennik ciepła 3 ogrzewały wodę w węzownicy wymiennika ciepła 3. Odzyskane ciepło przekazywano do ciepłej wody użytkowej lub poprzez system c.o. do grzejników w pomieszczeniach mieszkalnych. Schłodzone spaliny w wymienniku ciepła 3 kierowano na filtr do usuwania cząstek aerozolowych 4. Ze spalin usunięto z 87% skutecznością cząstki aerozolowe zawierające wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, w tym benzo(a)piren, a także dioksyne i furany oraz polichlorowane bifenyle i metale ciężkie. W dalszej kolejności spaliny przemieszczono do modułu elektrostatycznego oczyszczania spalin 11, w którym usunięto pozostałe cząstki aerozolowe z 91% skutecznością. Następnie spaliny skierowano do modułu adsorpcyjnego oczyszczania spalin 10, w którym spaliny oczyszczono z lotnych związków organicznych z 92% skutecznością i odprowadzono je do powietrza zewnętrznego. Podczas rozpalania w kotle moduł sterowania 8 ustawił wentylator na maksymalne obroty. Ułatwiło to rozpalenie i przeciwdziałało zadymianiu pomieszczenia kotłowni. Po rozpaleniu w kotle czujniki temperatury i ciśnienia spalin 6a i 6b przekazały o tym informację do modułu sterowania 8, który od tej pory zaczął tak sterować prędkością wentylatora 5, aby utrzymywana była w kanale kominowym wymagana wartość podciśnienia w zakresie od 10 do 25 Pa. Wzrost oporów przepływu spalin na skutek gromadzenia się usuwanych z nich zanieczyszczeń na filtrach i w poszczególnych modułach oczyszczania spalin zwiększał różnicę ciśnienia spalin na wlocie i wylocie z urządzenia. Na podstawie sygnałów z czujników temperatury i ciśnienia spalin 6a i 6b moduł sterowania 8 zwiększał odpowiednio prędkość obrotową wentylatora 5. W czasie unormowanego palenia w kotle stabilizowana była wartość podciśnienia ciągu kominowego. Po przekroczeniu ustawianej górnej wartości prędkości obrotowej wentylatora 5 wysyłany był sygnał informujący o konieczności wymiany filtra lub

- modułów oczyszczania spalin. Wygaśnięcie kotła było wykrywane przez czujniki temperatury i ciśnienia spalin 6a i 6b i moduł sterowania 8 wyłączał działanie wentylatora 5. Przy nie ciągłej pracy urządzenia związanej z okresowym paleniem w kotle filtr do usuwania cząstek aerozolowych 4 wymieniano co siedem dni.
- 5 Co siedem dni czyszczono również elektrody osadcze 11b modułu elektrostatycznego oczyszczania spalin 11. Sorbent 10a w module adsorpcyjnego oczyszczania spalin 10 wymieniano co dziesięć dni pracy urządzenia. Regularnie czyszczono wymiennik ciepła 3 z osadzonej smoły i sadzy.

Wykaz oznaczeń

- 1 - komin
- 2 - obudowa urządzenia
- 3 - wymiennik ciepła
- 4 - filtr do usuwania cząstek aerozolowych
- 5 - wentylator
- 6a, 6b - czujniki temperatury i ciśnienia spalin
- 7a, 7b - czujniki stężenia cząstek i zanieczyszczeń chemicznych
- 8 - moduł sterowania
- 9 - moduł fotokatalitycznego oczyszczania spalin
- 9a - porowata przegroda zawierająca dwutlenek tytanu - TiO_2
- 9b - zestaw diod elektroluminescencyjnych UV-A
- 10 - moduł adsorpcyjnego oczyszczania spalin
- 10a - sorbent
- 11 - moduł elektrostatycznego oczyszczania spalin
- 11a - elektroda jonizująca
- 11b - elektroda osadcza
- 12 - przetwornica napięcia
- 13 - moduł zasilania
- 14 - panel fotowoltaiczny
- 15 - styk elektryczny zestawu diod elektroluminescencyjnych UV-A
- 16 - styk elektryczny elektrod jonizujących
- 17 - styk elektryczny elektrod osadczych
- 18 - element dystansowy
- 19 - mechanizm sterujący położeniem
- 20 - element mocujący
- 21 - deflektor
- 22 - kratka zabezpieczająca