

Józef Kuropka, Mirosław Łabuda

Oczyszczanie spalin z kotłów typu WP-120

Z porównania udziału różnych gałęzi przemysłu w emisji dwutlenku siarki, pyłu oraz tlenków azotu w Polsce w latach 1990 i 1991 wynika, że energetyka zawodowa stanowi główne i najpoważniejsze źródło tych zanieczyszczeń (tab. 1). Znaczny udział w tej emisji mają również takie przemysły, jak metalurgiczny, hutniczy, koksowniczy oraz chemiczny.

ponad 200 sposobów odsiarczania spalin przy użyciu różnych związków chemicznych, tylko niewielka część z nich jest skuteczna przy oczyszczaniu spalin w skali pełnoprzemysłowej.

Przy wyborze sposobu usuwania dwutlenku siarki ze spalin, w realiach naszego kraju, należy kierować się następującymi kryteriami:

Tabela 1. Emisja zanieczyszczeń w Polsce (tys. ton)[1]

Źródło emisji	Dwutlenek siarki			Pył			Tlenki azotu		
	1990	1991	%	1990	1991	%	1990	1991	%
Energetyka zawodowa	1.570	1.480	49,5	570	470	28,0	370	395	32,8
Energetyka przemysłowa	500	430	14,3	860	690	41,1	130	140	11,6
Technologie przemysłowe ¹	270	235	7,8	–	–	–	200	175	14,5
Źródła stacjonarne ²	760	760	25,4	520	520	30,9	100	100	8,3
Źródła mobilne	110	90	3,0	–	–	–	480	395	32,8
Ogółem	3.210	2.995	100	1950	1.680	100	1.280	1.205	100

¹dla pyłu, emisja z tej gałęzi przemysłu jest podana jako suma w pozycji energetyka przemysłowa

²kotłownie lokalne, paleniska domowe

Dane statystyczne emisji światowej wykazują, że emisja SO₂ oraz pyłu nadal rośnie, stąd też wciąż istnieje duże zapotrzebowanie na skuteczne metody umożliwiające ograniczenie tej emisji. Jakkolwiek w Polsce emisja niektórych zanieczyszczeń w ostatnich latach nieco spadła, to jednak stan ten jest raczej efektem recesji gospodarczej, co wiąże się ze zmniejszeniem zapotrzebowania na różne formy energii, niż wynikiem inwestowania w rozwój ochrony powietrza. Pomimo realnego spadku emisji zanieczyszczeń, niezbędne jest podejmowanie działań w kierunku efektywnej redukcji rozmiarów już zaistniałej emisji, poprzez opracowywanie i wdrażanie skutecznych metod i urządzeń oczyszczających, jak również poprzez modyfikację technologii produkcyjnych będących ich źródłami. Szczególne znaczenie ma eliminacja dwutlenku siarki z największych źródeł, tj. elektrociepłowni.

Ograniczanie emisji dwutlenku siarki

Ograniczenie emisji SO₂ można osiągnąć przez odsiarczanie paliw, odsiarczanie podczas procesu spalania, a także poprzez odsiarczanie spalin. O ile odsiarczanie paliw nie rokuje nadziei na zastosowanie w najbliższej przyszłości, ponieważ wymaga budowy potężnego przemysłu uszlachetniającego paliwa, o tyle oczyszczanie gazów odlotowych jest obecnie stosowane i rozwijane na dużą skalę w wielu wysoko uprzemysłowionych krajach, zaś liczba proponowanych metod odsiarczania spalin jest znaczna i ciągle wzrasta. Pomimo to, że obecnie opracowywanych i badanych jest

– wielkość źródła zanieczyszczeń (podawana np. w MW mocy; decyduje o wielkości oczyszczanego strumienia spalin),

– wielkość środków finansowych przeznaczonych na budowę i eksploatację instalacji; jest to obecnie praktycznie główny czynnik wpływający na wybór metody oczyszczania spalin,

– wymagana skuteczność odsiarczania, gwarantująca nieprzekraczanie dopuszczalnych emisji,

– sposób odpylania w instalacjach już istniejących,

– wielkość terenu pod budowę instalacji,

– stosowane w danym zakładzie technologie produkcji (w przypadku różnych branż możliwe jest wykorzystanie jako sorbentów związków używanych przy produkcji; do tej grupy można zaliczyć również sposoby transportu odseparowanego pyłu),

– możliwości zagospodarowania i wykorzystania produktów otrzymanych w wyniku odsiarczania spalin, co związane jest ze składowaniem lub wtórnym wykorzystaniem odpadów jako surowca.

Wybór konkretnej metody oczyszczania spalin powinien więc uwzględniać powyższe parametry, jednakże będzie on zawsze indywidualny i charakterystyczny dla danego źródła emisji.

Koncepcja oczyszczania spalin

Z uwagi na konieczność obniżania kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych instalacji do oczyszczania spalin, niezbędne jest nie tylko szukanie nowych rozwiązań technicznych, ale również konieczna jest modyfikacja rozwiązań już istniejących. Niniejsza praca wychodzi naprzeciw tym tendencjom, wskazując na możli-

wości modyfikacji metod odsiarczania i odpylania spalin z krajowych elektrociepłowni. Ponieważ wiele z tych zakładów posiada instalacje odpylające pracujące na zasadzie elektrostatycznej separacji pyłu ze spalin, istnieje realna możliwość ich wykorzystania także w procesie odsiarczania. Ważnym zagadnieniem, z punktu widzenia odsiarczania spalin, jest sposób transportu żużla, popiołu oraz pyłu zastosowany w tych elektrociepłowniach.

W rozważanym przykładzie krajowej elektrociepłowni zastosowany jest mokry transport żużla i popiołu, odbieranych spod dwóch kotłów typu WP-120 oraz mokry transport pyłu z elektrofiltrów [3]. Wszystkie odpady gromadzone są w osadnikach ziemnych na terenie elektrociepłowni. Instalacja do odpylania spalin złożona jest z czterech elektrofiltrów (po dwa elektrofiltry dla kotła) umieszczonych za kotłami, na ssaniu wentylatorów wyciągowych. Z każdego kotła wyprowadzone są dwa osobne kanały spalin w kierunku dwóch elektrofiltrów i dwóch wentylatorów, przy czym łączenie strumieni spalin z pojedynczego kotła odbywa się za wentylatorami, natomiast całkowite łączenie strumieni spalin z obu kotłów odbywa się już przed emitorem (rys. 1).

Zasadniczym warunkiem przyjętym przy tworzeniu koncepcji oczyszczania spalin (tj. ich łącznego odpylania i odsiarczania) było maksymalne wykorzystanie istniejącego układu przewodów spalin wraz z elektrofiltrami i wentylatorami wyciągowymi. Poniżej zostały przedstawione koncepcje wprowadzenia odsiarczania spalin i modernizacji ich odpylania w omawianej elektrociepłowni.

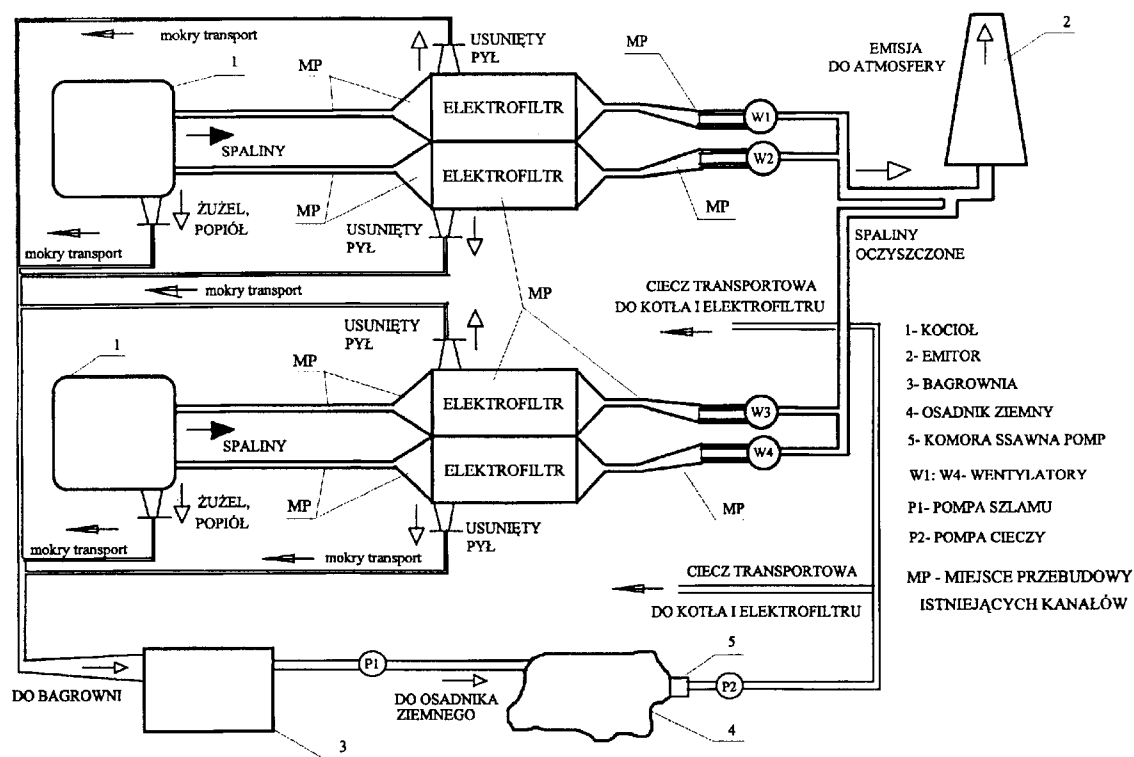
Wariant 1

Wariant ten zakłada mokre odsiarczanie i odpylanie spalin z kotła –1 oraz pozostawienie układu odpylającego (elektrofiltry) z kotła –2. Funkcję skrubera natryskowego dla spalin z kotła –1 przejęłyby odpowiednio zmodyfikowane dwa elektrofiltry znajdujące się za tym kotłem. Do oczyszczania spalin z kotła –2 pozostałby układ dwóch odpylających elektrofiltrów. Takie rozwiązanie wy-

musza konieczność mieszania w zaprojektowanej komorze strumieni spalin z dwóch kotłów (nawilżony w skruberze całkowity strumień spalin z jednego kotła oraz odpylony w elektrofiltrze całkowity strumień spalin z kotła drugiego) przed wentylatorami wyciągowymi. Jest to konieczne w celu zapobieżenia kondensacji pary wodnej ze strumienia spalin nawilżonych i ochłodzonych w kanałach spalin, wentylatorze i emitorze. W koncepcji tej nie ma konieczności budowy wymiennika ciepła, gdyż mieszanie spalin gorących (odpylonych) z nawilżonymi (odsiarczonymi i odpylonymi) powinno zagwarantować odpowiednią temperaturę spalin emitowanych. Po 1997 r., przy zakwalifikowaniu elektrociepłowni do grupy C emitatorów [4], wystąpi konieczność spalania w kotle –2 węgla o małej zawartości siarki palnej. Ponadto przy pracy tylko jednego kotła wystąpi konieczność doprowadzenia do komory mieszania strumienia ciepłego powietrza z podgrzewaczy.

Wariant 2

Wariant ten zakłada mokre odsiarczanie i odpylanie połowy spalin z jednego kotła oraz połowy spalin z kotła drugiego. Przyjęto mokre odsiarczanie i odpylanie spalin w połowie ich strumienia z każdego z kotłów (istnieje możliwość regulacji wielkości strumienia kierowanego na skruber natryskowy w relacji 40+60% ze strumienia całkowitego dla jednego kotła). Całkowita ilość odsiarczanych spalin jest więc taka sama jak w wariantie 1. Dla celów budowy skruberów zraszających należałoby zmodyfikować po jednym z elektrofiltrów za oboma kotłami i stworzyć z nich skrubery natryskowe. Spaliny opuszczające skruber byłyby ochłodzone i nawilżone (wilgotność względna 100%), natomiast pozostały strumień spalin (nominalnie stanowiący połowę całkowitego strumienia spalin po jednym kotle) byłby odpylony w istniejących elektrofiltrach. Mieszanie spalin odbywałoby się tuż za skruberem i elektrofiltrem (w tym celu należałoby zbudować osobne komory mieszania dla obu kotłów), ale przed wentylatorami. Kolejne mieszanie następowaloby, jak dotychczas, przed emitorem, gdzie zmieszaniu ule-



Rys. 1. Schemat istniejącej w elektrociepłowni instalacji odpylającej oraz do mokrego transportu odpadów

gałyby całkowite strumienie spalin z poszczególnych kotłów. Układ taki nie wymaga budowy wymienników ciepła, gdyż ciepło niesione przez spaliny odpylane w elektrofiltrach za oboma kotłami jest wystarczające na dogrzanie strumieni spalin nawilżanych i odsiarczanych. Nie ma również problemów przy nierównomiernym obciążeniu kotłów, a także przy pracy tylko jednego kotła, gdyż wstępne mieszanie spalin odbywa się na strumieniu spalin z jednego kotła (w komorze mieszania przed wentylatorami). W przypadku pracy tylko jednego kotła, ciepło niesione przez spaliny trafiające do elektrofiltru wystarcza na dogrzanie spalin ze skrubera.

Wariant 3

Wariant ten zakłada mokre odsiarczanie i odpylanie całkowitego strumienia spalin z obu kotłów. Do realizacji tej koncepcji przebudowy wymagają cztery istniejące elektrofiltry w celu utworzenia z nich skrubców natryskowych. Niezbędne jest również rozwiązanie dogrzania spalin nawilżonych i oczyszczonych, np. strumieniem ciepłego powietrza. Wymaga to doprowadzenia dodatkowego strumienia ciepłego powietrza z podgrzewaczy lub budowy wymiennika ciepła (spaliny zanieczyszczone – powietrze), umiejscowionego przed skrubcami natryskowymi. Komora mieszania musi być zlokalizowana przed wentylatorami wyciągowymi.

Technologia odsiarczania i odpylania spalin

O wyborze sposobu odsiarczania spalin w omawianej elektrociepłowni powinny decydować następujące kryteria:

- koszty inwestycyjne i eksploatacyjne instalacji oczyszczającej,
- zapotrzebowanie na miejsce pod nowe rozwiązania w istniejącym układzie,
- gwarantowana skuteczność pracy instalacji,
- maksymalne wykorzystanie istniejącego układu odpylającego.

Po sprawdzeniu przedstawionych wariantów oczyszczania spalin z poszczególnymi kryteriami zdecydowano, że w dzisiejszym stanie finansowo-ekonomicznym omawianej elektrociepłowni optymalnym sposobem odsiarczania i odpylania spalin będzie metoda oparta na wariantcie drugim, tj. odsiarczanie spalin w połowie ich strumienia z każdego z kotłów, przy jednoczesnym odpylaniu pozostałej części spalin w elektrofiltrach. Wariant ten, poza konkurencyjnością kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, nie wymaga stosowania dodatkowego dogrzania spalin, nawet przy pracy tylko jednego kotła. W związku z tym nie ma konieczności budowy wymienników ciepła lub podgrzewaczy powietrza. W przypadku zakwalifikowania zakładu do grupy C emitatorów [4], po 1997 r. będzie konieczne spalanie węgla o mniejszej zawartości siarki palnej. Ponadto rozwiązanie to, przy zastosowaniu odpowiednich przepustnic, pozwala na regulację strumienia kierowanego na skruber natryskowy (do 60 % z całkowitego strumienia spalin z pojedynczego kotła). Ogólnie daje więc to możliwość oczyszczania większej niż połowa ilości spalin (płynność ta jest niemożliwa do uzyskania w przypadku wariantu 1). Niewielkie jest również zapotrzebowanie na miejsce pod budowę elementów takiej instalacji. Istniejące kanały spalin od kotłów do elektrofiltrów nie wymagają żadnej przebudowy, natomiast za elektrofiltrami i skrubcami wystąpi konieczność niewielkiej zmiany prowadzenia kanałów oraz montażu komór mieszania. Za wentylatorami prowadzenie kanałów spalin pozostanie bez zmian.

Zasada procesu oczyszczania spalin według wariantu drugiego oparta jest na metodzie odsiarczania spalin opracowanej w Instytucie Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej [5]. W celu oczyszczenia spalin powstających przy spalaniu

węgla zrasza się je w skruberze natryskowym cieczą alkaliczną, rozpylaną przez dysze cieczowe typu GOS-11. W wyniku kontaktu obu faz zostaje usunięty ze spalin dwutlenek siarki i pył (dochodzi do absorpcji dwutlenku siarki w wodzie i reakcji z jonami wapniowymi z wytworzeniem nierozpuszczalnych cząstek gipsowych oraz następuje mokra separacja pyłu). Roztwór posorpcyjny jest w sposób ciągły regenerowany przez dozowanie do niego zawiesiny wodorotlenku wapnia, którego ilość jest uzależniona od pH cieczy posorpcyjnej. Prowadzi się również ciągłe utlenianie tego roztworu przez barbotaż sprężonym powietrzem. W przypadku analizowanej elektrociepłowni w instalacji oczyszczającej spaliny wykorzystywany jest mokry transport popiołu i żuźla z kotłów do osadników ziemnych. Ciecz powrotna z osadników zawiera pewne ilości jonów wapniowych, sodowych i innych, których stężenie jest niewystarczające do uzyskaniażądanego stopnia usunięcia dwutlenku siarki ze spalin, a ponadto może powodować znaczne obniżenie pH cieczy posorpcyjnej. Stąd też do układu cieczowego dostarcza się dodatkowo zawiesinę wodorotlenku wapnia podnoszącą pH roztworu absorpcyjnego oraz zdolność sorpcyjną cieczy (również pH cieczy posorpcyjnej).

Przy tak zachodzących procesach produktem końcowym oczyszczania spalin będzie szlam, którego głównymi składnikami są: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaSO_3 , pył usunięty ze spalin oraz nieprzereagowany sorbent.

Schemat technologiczny procesu odsiarczania i odpylania spalin przedstawia rysunek 2. Zasada przebudowy istniejącego układu odpylającego jest identyczna dla obu kotłów typu WP-120, jak również wszystkie procesy oczyszczania spalin prowadzi się w ten sam sposób dla obu kotłów. Stąd też dla uproszczenia opis instalacji i technologii oczyszczania spalin dotyczyć będzie tylko jednego kotła.

Obieg spalin z kotłów do emitora

Spaliny po kotle dwoma osobnymi kanałami kierowane są w kierunku elektrofiltru i skrubera natryskowego (jeden kanał spalin prowadzi do elektrofiltru, drugi do skrubera natryskowego). Skruberem natryskowym jest jeden z dwóch istniejących elektrofiltrów, odpowiednio do tego celu zmodyfikowany, natomiast drugi elektrofiltr spełnia swoje dotychczasowe zadanie. Wielkości strumieni spalin kierowanych na skruber lub odpylacz regulują przepustnice żaluzjowe, umieszczone na kanałach przed aparatami oczyszczającymi. Przewiduje się możliwość płynnej zmiany strumienia spalin kierowanego na jeden z aparatów oczyszczających, w granicach 40±60 % całkowitego strumienia spalin (40 % na skruber i 60 % na odpylacz lub na odwrót). Taki stosunek strumieni spalin jest podtykowany prawidłową pracą wentylatorów wyciągowych. Strumień spalin kierowany na elektrofiltr ulega w nim odpyleniu i nieznacznemu ochłodzeniu (o ok. 5 °C), natomiast strumień spalin skierowany na skruber natryskowy jest poddawany intensywnemu zraszaniu cieczą alkaliczną. Proces zraszania prowadzony jest przez dysze cieczowe typu GOS-11, rozmieszczone w kanale wlotowym do skrubera oraz na bocznej zewnętrznej ścianie skrubera i jego dachu. W skruberze następuje odsiarczenie oraz odpylenie spalin, ich ochłodzenie do około 50 °C i nawilżenie (wilgotność względna spalin po skruberze wynosi 100 %). Strumienie spalin wypływające z obu aparatów oczyszczających kierowane są następnie do komory mieszania umieszczonej przed dwustrumieniowymi wentylatorami wyciągowymi. Dzięki zastosowaniu tej komory ciepło spalin odpylonych wykorzystywane jest do podgrzania spalin po mokrym odsiarczaniu. Mieszanie obu strumieni spalin w komorze powoduje nie tylko podgrzanie spalin wypływających ze skrubera (co znacznie ogranicza możliwość kondensacji cieczy ze względu na przesunięty punkt rosy dla spalin) ale również, dzięki odpowiedniej konstrukcji

nych z przenoszonego materiału. W związku z tym w proponowanym wariantcie odsiarczania spalin wykorzystuje się pojemność sorpcyjną tej cieczy do usunięcia dwutlenku siarki ze spalin. W celu realizacji tego wariantu jeden z kanałów cieczy transportowej na drodze osadnik–bagrownia (zbiornik szlamu), zostanie skierowany do skrubera i będzie podawał ciecz absorpcyjną do dysz zraszających (dla drugiego skrubera zostanie przewidziany osobny kanał). Pojemność sorpcyjna cieczy transportowej jest zmienna i zależy m.in. od opadów atmosferycznych i waha się w granicach $0,05+0,6 \text{ kgSO}_2/\text{m}^3$. Jest to pojemność zbyt mała, by zapewnić żądany stopień oczyszczenia spalin (przy takiej pojemności sorpcyjnej pH cieczy posorpcyjnej mogłoby spaść nawet poniżej 3). Dlatego też zaprojektowano układ ciągłego dozowania zawiesiny wodorotlenku wapnia do cieczy absorpcyjnej. Powoduje to zwiększenie stężenia jonów alkalicznych oraz pH cieczy i pojemności sorpcyjnej zawiesiny podawanej do dysz. Ilość dozowanego wapnia powinna być taka, by pH cieczy po absorpcji wahało się w granicach $7,0+7,5$. Proces dozowania zawiesiny wodorotlenku wapnia sterowany jest automatycznie wartością pH cieczy posorpcyjnej. Gdy pH spadnie poniżej 7,0, wówczas automatycznie zwiększana jest wydajność pompy tłoczącej zawiesinę do rurociągu cieczy absorpcyjnej, poprzez zwiększenie obrotów silnika tej pompy, natomiast przy $\text{pH}<7,3$ liczba obrotów silnika jest zmniejszana. Proces ten regulowany jest pH-metrem zainstalowanym na rurociągu cieczy posorpcyjnej. Jego zadaniem jest utrzymywanie wartości pH cieczy podawanej do dysz skrubera na poziomie zapewniającym skuteczne usuwanie SO_2 , natomiast w przypadku zbyt dużych różnic wartości pH cieczy podawanej do dysz i wyptywającej ze skrubera, sygnalizuje on konieczność zwiększenia intensywności zraszania spalin. Tak przygotowana zawiesina alkaliczna kierowana jest do dysz skrubera i rozpylana w celu absorpcji zanieczyszczeń ze strumienia spalin. Po przeprowadzonym procesie ciecz posorpcyjna wyptywa grawitacyjnie ze skrubera i istniejącymi kolektorami przepływa do bagrowni. Na tym odcinku prowadzony będzie powietrzny barbotaż cieczy posorpcyjnej w celu utlenienia zawartych w niej siarczynów wapnia do siarczanów. Z bagrowni ciecz poabsorpcyjna będzie transportowana systemem kanałów wraz z cieczą z mokrego transportu popiołu, żużla oraz pyłu, z powrotem do osadnika ziemnego. Odpady po oczyszczeniu spalin, przy odpowiednio prowadzonym procesie utleniania siarczynów, nadają się do bezpiecznego składowania w osadnikach ziemnych. Składowanie ich będzie prowadzone jednocześnie ze składowaniem pyłu, żużla i popiołu (przybliżona pojemność osadników na odpady wynosi 2 mln m^3 , przy łącznej powierzchni ok. 40 ha).

Parametry procesu oczyszczania spalin

Ze względu na specyfikę budowanej instalacji do łącznego odsiarczania i odpylania spalin, a głównie konieczność dwukrotnego mieszania strumieni spalin po oczyszczeniu oraz możliwość zmiany wielkości strumienia spalin kierowanego na skruber, powstała konieczność przeprowadzenia niezbędnych obliczeń charakteryzujących proces z uwzględnieniem zmian parametrów wyjściowych. Program obliczeniowy pod nazwą „WP-120” ma możliwość obliczenia następujących parametrów (w nawiasach dane niezbędne do przeprowadzenia obliczeń):

Mieszanie strumieni spalin

– parametry spalin zmieszanych po odsiarczeniu i odpyleniu dla poszczególnych kotłów: temperatura, natężenie przepływu, zawartość wilgoci i entalpia spalin (dane wyjściowe: natężenie przepływu spalin za kotłem, strumień spalin kierowany na skruber – wskaźnik

procentowy, temperatura, zawartość wilgoci, entalpia spalin za elektrofiltrem i skrubrem); ta część programu wymaga współpracy z wykresem i-x Moliera dla spalin gorących,

– parametry spalin zmieszanych przed emitorem (spaliny emitowane): temperatura, zawartość wilgoci, entalpia i natężenie przepływu spalin emitowanych do atmosfery (dane wyjściowe: wielkości obliczone dla spalin zmieszanych przed wentylatorami).

Odsiarczanie spalin

– dopuszczalne (dla różnych grup oddziaływania) rzeczywiste, przed i po oczyszczeniu, emisje dwutlenku siarki dla poszczególnych kotłów oraz dla obu kotłów jednocześnie dla jednego emitora (dane wyjściowe: średnie i maksymalne zużycie oraz wartość opałowa paliwa, zawartość siarki palnej w paliwie, normy dopuszczalne emisji SO_2 , stężenie SO_2 za kotłami),

– stężenia SO_2 po kotle, po oczyszczeniu (po zmieszaniu ze spalinami z elektrofiltrow) oraz w emitorze (po zmieszaniu całkowitych strumieni spalin) w zależności od obciążenia kotła (dane wyjściowe: obliczone lub zmierzone stężenia SO_2 po kotłach, zalecane lub rzeczywiste stężenia SO_2 po skrubrze),

– ilość usuniętego SO_2 ze spalin i skuteczność procesu dla poszczególnych kotłów oraz łącznie, w zależności od obciążenia kotłów (dane wyjściowe: obliczone stężenia SO_2 po oczyszczeniu).

Odpylanie spalin

– parametry obliczane oraz dane wyjściowe tak jak dla odsiarczania, lecz dotyczące zanieczyszczenia pyłowego (informacja dodatkowa: zawartość popiołu w paliwie, stężenie pyłu po elektrofiltrze dla danego kotła).

Usuwanie NO_x ze spalin

– parametry obliczane oraz dane wyjściowe tak jak dla odsiarczania, lecz dotyczące zanieczyszczenia NO_x .

Zraszanie spalin

– strumień cieczy zraszającej, ilość dodawanego wapna, roczne zużycie wapna dla poszczególnych kotłów oraz łącznie, w zależności od obciążenia kotłów (dane wyjściowe: zakładany stosunek strumieni cieczy do gazu, pojemność sorpcyjna cieczy z hydrotransportu, czas pracy kotłów, rodzaj wapna stosowanego do absorpcji); obliczenia parametrów zraszania spalin są możliwe do wykonania po przeprowadzeniu obliczeń odsiarczania spalin.

Bilans powstających odpadów

– ilość odpadów powstałych w trakcie procesu oczyszczania (usunięty dwutlenek siarki w postaci gipsu, zatrzymany pył oraz absorbent); obliczenia ilości powstałych odpadów są możliwe do wykonania po przeprowadzeniu wszystkich powyższych obliczeń.

Schemat blokowy programu obliczeniowego „WP-120” przedstawia rysunek 3.

Metodyka obliczeń, na których bazuje program opiera się na danych zawartych w pracach [6,7]. Dzięki opisanemu powyżej zakresowi obliczeń można w sposób dowolny wprowadzać różne dane wyjściowe, nawet tak istotne jak zużycie paliwa, jego wartość opałowa czy zawartość siarki palnej w paliwie. W celu uzyskania wielkości parametrów spalin oraz cieczy zraszających potrzebnych do budowy instalacji oczyszczającej, do obliczeń projektowanej instalacji przyjęto dane wyjściowe charakterystyczne dla kotłów omawianej elektrociepłowni. Przyjęte parametry wyjściowe zawiera tabela 2. Dla obu kotłów przyjęto te same dane wyjściowe. Ze

Tabela 2. Dane wyjściowe dla kotła typu WP-120

Parametr	Jednostka	Wartość
Liczba kotłów	–	2
Czas pracy kotłów	h/a	3.000
Moc kotłów	MW	100 (maks. 140)
Maksymalne zużycie paliwa	t/h	25,1
Średnie zużycie paliwa	t/h	17,5
Wartość opałowa	kJ/kg	22.930
Zawartość popiołu	%	21,3
Zawartość siarki palnej (maks.)	%	1,2
Natężenie przepływu spalin	Nm ³ /h	247.000
Stężenie NO _x w przeliczeniu na NO ₃	g/Nm ³	0,207
Temperatura spalin przed elektrofiltrem	°C	145
Stężenie pyłu po elektrofiltrach	g/Nm ³	0,26
Stężenie pyłu w spalinach	g/Nm ³	26,0

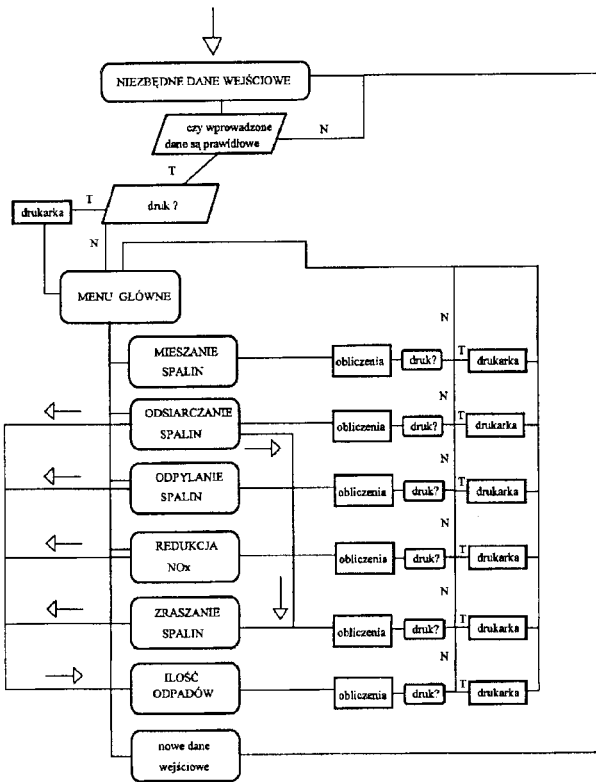
kroje rurociągów cieczowych zaprojektowane są na średni przepływ cieczy, odpowiadający średniemu obciążeniu skrubców spalinami.

Szacunkowe koszty budowy instalacji

Przedstawione warianty modernizacji instalacji odsiarczania i odpylania spalin z elektrociepłowni różnią się rozwiązaniami konstrukcyjnymi oraz ilością oczyszczanych spalin. Dwa pierwsze warianty są zbliżone do siebie jeśli chodzi o koszty inwestycyjne. Wariant oczyszczania spalin z jednego kotła może być nieznacznie tańszy (10+11 mld zł – dla poziomu cen z pierwszego kwartału 1993 r.) ze względu na mniejsze zapotrzebowanie na instalacje cieczowe, lecz z kolei występuje konieczność budowy wymiennika ciepła lub podgrzewacza powietrza. Wariant oczyszczania wszystkich emitowanych spalin jest oczywiście najdroższy, a jego koszt szacowany jest na 20+22 mld zł (dla poziomu cen jw.) Należy podkreślić, że wszystkie wymienione warianty są bardzo tanie dzięki możliwości wykorzystania istniejącego układu odpylającego (elektrofiltry i kanały spalin) i cieczowego (pompy cieczy i szlamu oraz kanały cieczowe) w elektrociepłowni.

LITERATURA

1. Materiały i opracowania statystyczne, GUS, Warszawa 1992.
2. J. KUROPKA: Oczyszczanie gazów odlotowych z zanieczyszczeń gazowych – urządzenia i technologie, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1991.
3. M. ŁABUDA: Projekt technologiczny instalacji do odsiarczania i odpylania spalin z kotła typu WP-120, na podstawie badań eksploatacyjnych. Praca dyplomowa, Politechnika Wroclawska, Wrocław 1993.
4. Dziennik Ustaw RP nr 15 z 14-03-90, pozycja 92.
5. M.A. GOSTOMCZYK: Patent RP nr 277645.
6. C. STRUMIĘŁO: Podstawy teorii i techniki suszenia. WNT, Warszawa 1973.
7. P.D. LEBIEDIEW: Wymienniki ciepła, urządzenia suszarnicze i chłodnicze. WNT, Warszawa 1969.



Rys. 3. Schemat blokowy programu obliczeniowego parametrów procesu

względem na zmienne obciążenie obu skrubców natryskowych spalinami zanieczyszczonymi, dla danych wyjściowych przeprowadzono trzy przykładowe obliczenia (odpowiadają one skrajnym przypadkom przepływu spalin przez skrubery przy zapewnionych stężeniach SO₂ i pyłu po skrubcach, odpowiednio 100 mg/Nm³ i 20 mg/Nm³), a mianowicie:

– minimalne obciążenie obu skrubców natryskowych strumieniami spalin zanieczyszczonych (strumień spalin na skruber stanowi 40 % strumienia całkowitego po pojedynczym kotle),

– średnie obciążenie obu skrubców natryskowych strumieniami spalin zanieczyszczonych (strumień spalin na skruber stanowi 50 % strumienia całkowitego po pojedynczym kotle),

– maksymalne obciążenie obu skrubców natryskowych strumieniami spalin zanieczyszczonych (strumień spalin na skruber stanowi 60 % strumienia całkowitego po pojedynczym kotle).

Możliwości innych obciążeń skrubców natryskowych spalinami zanieczyszczonymi, poza skrajne przypadki minimum i maksimum, nie są brane pod uwagę i powinny być traktowane jako awaria, czyli stan niedopuszczalny dla prawidłowej pracy wentylatorów wyciągowych. Liczba dysz natryskowych zaprojektowana jest na maksymalne obciążenie skrubców strumieniami spalin. Urządzenia wchodzące w skład obiegu cieczy absorpcyjnej są również zaprojektowane na maksymalny strumień cieczy, natomiast prze-

DESULPHURIZATION OF FLUE GASES FROM BOILERS OPERATED IN A THERMAL AND POWER STATION

The desulphurization concept proposed enables joint removal of sulphur compounds and particulates from boiler flue gases. In this concept use is made of the electrostatic precipitators operated by the thermal and power station under study. Some major parameters of the desulphurization process

were determined by computer techniques. Consideration was given to potential changes of the input parameters that might contribute to the desulphurization effect.