

Termiczna przeróbka osadów pościekowych

modelowym rozwiązaniem dla utylizacji odpadów komunalnych w Krakowie

tekst: ANNA BIEDRZYCKA, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, zdjęcia: MIEJSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI SA W KRAKOWIE

Już jesienią 2013 r. mają rozpocząć się przygotowania do budowy krakowskiej spalarni odpadów komunalnych. Zbuduje ją do końca 2015 r. południowokoreański koncern Posco Engineering & Construction Co. Inwestorem działającym w imieniu miasta jest Krakowski Holding Komunalny. Szefem Holdingu został Ryszard Langer, prezes zarządu i dyrektor naczelny Wodociągów Krakowskich. W ten sposób władze Krakowa chcą wykorzystać jego umiejętności menedżerskie oraz doświadczenie zdobyte podczas realizacji projektu *Oczyszczalnia Ścieków Płaszów II* w Krakowie, w tym zwłaszcza budowy Stacji Termicznej Utylizacji Osadów (STUO).

Krakowski program gospodarki odpadami komunalnymi o wartości 150 mln € (z czego 82,5 mln € to wsparcie unijne), zakładający m.in. budowę spalarni śmieci, został zakwalifikowany na tzw. listy indykatywne programów sektorowych, czyli projektów dofinansowywanych ze środków unijnych o kluczowym znaczeniu dla kraju.

Budowa Zakładu Termicznego Przekształcania Odpadów jest największym przedsięwzięciem inwestycyjnym miasta współfinansowanym z funduszy unijnych. Projekt otrzymał 371,7 mln zł dofinansowania ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko. Krakowski Holding Komunalny otrzymał też na ten cel 270 mln zł preferencyjnej pożyczki z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Zakład powstanie przy ul. Giedroycia w Nowej Hucie, na działce należącej do miasta. Za takim usytuowaniem przemawiały brak zagrożenia powodziowego, możliwość połączenia w mało skomplikowany sposób z magistralą ciepłowniczą i sąsiedztwo stacji transformatorowo-rozdzielczej, co pozwoli na odbiór energii ze spalarni. Z kolei wśród wad wymienia się zły stan techniczny dróg i wysoki poziom wód podziemnych.

Mieszkańcy Krakowa wytwarzają ok. 330 tys. t śmieci rocznie. Szacuje się, że w 2020 r. ilość ta wzrośnie do 420 tys. t. Po-

łowa odpadów ma być odzyskiwana w procesie kompostowania i recyklingu, a druga połowa spalana. Obiekt będzie spalał tylko tzw. resztkowe odpady komunalne, z których wcześniej oddzielono wszystkie użyteczne surowce wtórne. Jego maksymalna wydajność wyniesie 220 tys. t rocznie. Kompletny układ kotłowy, obejmujący dwie linie, dostarczy Doosan Lentjes, spółka zależna Doosan Power Systems. Przy okazji spalania odpadów wytwarzana będzie energia elektryczna i ciepło dla miejskiej sieci ciepłowniczej.

Wykonawcę inwestycji wybierano aż sześciokrotnie, czego powodem były kolejne decyzje Krajowej Izby Odwoławczej, wyrok Sądu Okręgowego w Krakowie, a także rezygnację z podpisania kontraktu przez już wybranych wykonawców. Finalnie w przetargu pozostała tylko oferta Koreańczyków. Jej wartość wyniosła 797 mln zł brutto – o 67 mln zł więcej niż w przypadku oferty Mostostalu Warszawa SA, który wycofał się, uzasadniając tę decyzję zbyt wysokim ryzykiem przedsięwzięcia. Posco jest spółką stalowego holdingu, jednego z największych na świecie. Firma ma na swoim koncie budowę wielu różnych fabryk, w tym kilku zakładów utylizacji śmieci. Jak się podkreśla, to doświadczenie jest bardzo ważne w kontekście dotrzymania terminu zakończenia prac przy spalarni. Jeśli budowa zakończy się później niż w grudniu 2015 r., Holding może być zmuszony do oddania części lub całości unijnej dotacji. Unia Europejska zobowiązała państwa członkowskie do skutecznego zarządzania odpadami. Jeśli jednak inwestorzy nie zakończą prac do końca 2015 r., to wszystkie wydatki po tym terminie będą traktowane jako ponoszone przez prywatnych inwestorów. Dotyczy to nie tylko Krakowa, ale wszystkich miast w Polsce, które realizują podobne inwestycje ze środków unijnych. Obecnie w budowie znajduje się sześć spalarni odpadów komunalnych o łącznej mocy przerobowej ok. 1 mln t – oprócz Krakowa również w Białymstoku, Bydgoszczy, Koninie, Szczecinie i Poznaniu; planowane są także kolejne.

Spalarnia jest nie tylko najdroższą inwestycją Krakowa, ale także niewątpliwie jedną z najtrudniejszych do przeprowadzenia. Podpisanie kontraktu poprzedziły lata przygotowań, w czasie których prowadzono burzliwe konsultacje z mieszkańcami, zdecydowano o technologii spalania, a także o tym, czy w ogóle spalać śmieci w Krakowie. Niemal dwa lata trwało

przygotowanie dokumentów potrzebnych do rozpoczęcia inwestycji. Nadal wielu krakowian nie jest do niej przekonanych, m.in. kilka lat temu okoliczni mieszkańcy zawiązali Komitet Mieszkańców Mogiły i Lesiska przeciwko Budowie Spalarni, w dzielnicy jest też Komitet Tak dla rozwoju Mogiły. Dodajmy, że np. w Bydgoszczy na skutek działań ekologów przesunięto termin rozpoczęcia prac budowlanych, zaplanowany na sierpień 2013 r.

Jak zatem widać, przed Ryszardem Langerem stoi bardzo trudne zadanie. Jego kandydaturę na nowego prezesa zgłosiła rada nadzorcza Krakowskiego Holdingu Komunalnego, uzasadniając wniosek dotychczasowym doświadczeniem przy realizacji takich inwestycji, jak oczyszczalnia ścieków i spalarnia osadów pościekowych.

Nominację na to stanowisko 12 lipca 2013 r. podpisał prezydent Krakowa Jacek Majchrowski. „Zakończyliśmy etap związany z przygotowaniem do realizacji ekospalarni, przede wszystkim z gromadzeniem funduszy na ten cel” – podkreślił prezydent Majchrowski. – Teraz rozpoczynamy etap budowy obiektu, a doświadczenie prezesa Langer jest gwarancją, że przebiegnie on bez komplikacji”.

Na czas realizacji inwestycji Ryszard Langer będzie łączył stanowiska prezesa KHK i prezesa zarządu, dyrektora naczelnego MPWiK SA w Krakowie.

Dekada wielkich inwestycji wodociągowych w Krakowie (2000–2010)

Wodociągi Krakowskie zdobywały doświadczenie inwestycyjne, realizując wielki program rozbudowy i modernizacji swojej infrastruktury. W efekcie Kraków jest pierwszym dużym miastem w Polsce, które w sposób kompleksowy rozwiązało problemy gospodarki wodno-ściekowej. O skali tych prac świadczy poziom nakładów – MPWiK SA w Krakowie w ciągu 10 lat zainwestowało w obiekty strategiczne ponad 1 mld zł, a warto zauważyć, że przetargi rozstrzygano w okresie, gdy ceny rynkowe były dużo niższe. Dziś za podobny program trzeba by zapłacić o wiele więcej.

Początkowo jedynym zamierzeniem projektu była rozbudowa i modernizacja oczyszczalni w Płaszowie, inwestycję określono mianem Płaszowa II. Koszt inwestycyjny okazał się jednak niemal o połowę niższy niż przewidywano. Skalkulowano go na 75,8 mln €, podczas gdy wartość robót według oferty z przetargu wyniosła 42,9 mln €. Ponieważ z pierwotnie przyznanej kwoty po przetargu zostało prawie 33 mln €, MPWiK SA w Krakowie rozpoczęło starania o wykorzystanie tych środków na inne, dodatkowe inwestycje. W grudniu 2005 r. uzyskano decyzję zmieniającą zakres projektu – w jego skład weszły cztery inwestycje, wykonane w ramach dziewięciu kontraktów. Pierwotny zakres przedsięwzięcia rozszerzono o trzy zadania: budowę STUO, budowę kolektora DTW, rekultywację lagun osadowych. Jednocześnie koszty kwalifikowane projektu wzrosły do sumy 85,8 mln €, z czego koszt modernizacji i rozbudowy Oczyszczalni Ścieków Płaszów to 35,3 mln €, budowa STUO – 21,7 mln €, rekultywacja lagun – 6,3 mln €, kolektor DTW – 16,6 mln €, konsultanci i inżynierowie kontraktu – 5,9 mln €. Projekt wdrażany był do października 2010 r. Kierownikiem projektu był Grzegorz Wojas z MPWiK SA w Krakowie.

Projekt płaszowski był jednym z pierwszych 10, które Komisja Europejska – spośród prawie 400 złożonych aplikacji o dotację z Funduszu ISPA – zakwalifikowała w październiku 2000 r. do finansowania z pierwszej transzy środków pomocowych ISPA (potem Fundusz Spójności). Dofinansowanie wyniosło 55,8 mln € (65% kosztów projektu), angażując ponad 30% środków przeznaczonych dla wszystkich beneficjentów ISPA w 2000 r.

Realizację głównego zadania *Modernizacja i rozbudowa Oczyszczalni Ścieków Płaszów II* rozpoczęto w maju 2003 r., a zakończono w październiku 2007 r., uzyskując możliwość pełnego mechaniczno-biologicznego oczyszczania wszystkich ścieków odprowadzanych z centralnych dzielnic Krakowa. W 2005 r. upadłość lidera konsorcjum spowodowała krótkotrwałe zachwianie procesu budowy. Nowy lider, śląski oddział Hydrobudowy Polska SA, podjął się samodzielnego dokończenia inwestycji i przywrócił prawidłowy rytm budowy, dzięki czemu dalsze roboty oraz rozruch rozbudowanej i modernizowanej oczyszczalni odbyły się w terminie kontraktowym. W wyniku rozbudowy zwiększono przepustowość starej, mechanicznej oczyszczalni ścieków w Płaszowie ze 132 tys. m³/d do 656 657 m³/d (potrzebnej w porze deszczowej), wybudowano biologiczną oczyszczalnię ścieków o przepustowości 328 tys. m³/d oraz nową nitkę przeróbki osadów ściekowych, obejmującą ich zagęszczanie, fermentację metanową, końcowe odwadnianie, a także produkcję ciepła z biogazu, czyli STUO.

W celu zoptymalizowania pracy obu oczyszczalni – nowohuckiej i płaszowskiej – zbudowano olbrzymi kolektor dolnej terasy Wisły (DTW), który połączył oba systemy kanalizacyjne Krakowa. Inwestycja rozpoczęła się w grudniu 2007 r., zakończyła w maju 2010 r. Roboty podzielono na trzy etapy realizowane w ramach dwóch kontraktów. Wykonawcą było konsorcjum firm Hydrobudowa 9 SA i PRG Metro Sp. z o.o.



Kopuła pieca wraz z kanałem odlotowym spalin

(etap I i II) oraz PRI Inkop Sp. z o.o. (etap III). Wybudowano pompownię ścieków o przepustowości 0,9 m³/s, kolektor grawitacyjny o długości 6,2 km i dwa rurociągi tłoczne o łącznej długości 0,7 km. Uruchomioną w 1999 r. oczyszczalnię Kujawy dla terenów Nowej Huty zaprojektowano z wielkim rozmachem. Przewymiarowane Kujawy, posiadając ogromny zapas przepustowości, miały możliwość przyjęcia 80 tys. m³/d ścieków, a przyjmowały ok. 40 tys. m³/d. W tej sytuacji postanowiono wykorzystać tę rezerwę przepustowości przez przerzut ścieków z krakowskiego systemu kanalizacji, zakończonego oczyszczalnią ścieków w Płaszowie, do oczyszczalni Kujawy. Budowa kolektora była planowana od wielu lat. Nie rozpoczęto jej jednak ze względu na wysoki koszt wynikający z prowadzenia prac na dużych głębokościach. Dopiero uruchomienie projektu z udziałem środków unijnych *Oczyszczalnia Ścieków Płaszów II w Krakowie* pozwoliło skierować to zamierzenie do realizacji. Dzięki temu uniknięto trudnej rozbudowy syfonu pod Wisłą na wysokości stopnia wodnego Dąbie, który był wąskim gardłem systemu, a także skomplikowanej przebudowy dwóch wyeksploatowanych pompowni ścieków (powstała bowiem możliwość grawitacyjnego odprowadzenia ścieków do kolektora DTW). Jednocześnie skanalizowano osiedla położone wzdłuż trasy kolektora DTW.

Kolejne zadanie realizowane w ramach płaszowskiego projektu dotyczyło rekultywacji lagun osadowych, obejmujących 18,51 ha, zlokalizowanych na terenie Oczyszczalni Ścieków Płaszów, na których deponowano przez prawie 30 lat (od 1975 r.) osady z oczyszczalni ścieków Płaszów i Kujawy – ich łączną chłonność oszacowano na ok. 370 tys. m³ osadów. Prace rozpoczęto w październiku 2007 r., a zakończono w pierwszej dekadzie sierpnia 2010 r. Wykonawcą inwestycji była firma ABM Solid SA. Zamknięcie basenów okazało się na tyle żmudnym zadaniem, że konieczne było wydłużenie terminu zakończenia robót i wyasygnowanie dodatkowych środków. Baseny osadowe były o wiele głębsze niż wykazały badania wykonane przed opracowaniem projektu. W konsekwencji trzeba było zakupić, a następnie przywieźć i zabudować dodatkowe metry sześciennie ziemi. Po wykonaniu właściwych zabiegów technicznych (ukształtowanie terenu, regulacja warunków hydrologicznych oraz ujęcie biogazu) i agrotechnicznych (odtworzenie gleb, biologiczna i przeciwerozryjna odbudowa zboczy, zazielenienie czaszy lagun) przywrócono wartość użytkową zdewastowanym terenom, zapewniono ochronę przed zanieczyszczeniem wód podziemnych, powierzchni gruntu, powietrza atmosferycznego oraz utworzono między oczyszczalnią Płaszów i przyległymi terenami przemysłowymi pas ochronny zieleni dla oddzielenia tych terenów od osiedli mieszkaniowych.

Równocześnie z rekultywacją lagun osadowych realizowano STUO. Budowa rozpoczęła się we wrześniu 2007 r. i trwała trzy lata. Wykonawcą było konsorcjum firm Veolia Water Systems Sp. z o.o. (lider) i OTV France. Kontrakt obejmował zaprojektowanie i zbudowanie kompletnej stacji. Obiekty STUO zlokalizowane są w centralnej części Oczyszczalni Ścieków Płaszów, w sąsiedztwie stacji zagęszczania i mechanicznego odwadniania osadów. Są oddalone o ok. 20 m od innych budynków znajdujących się na obszarze oczyszczalni. Teren przeznaczony pod STUO obejmuje powierzchnię ok. 9,5 tys. m². Na działce usytuowane są dwa obiekty kubaturowe – budynek STUO i budynek zestalania odpadów wraz z komorą czerpną wody przemysłowej.

Podsumowując, w Krakowie funkcjonują dwie duże oczyszczalnie ścieków, wyposażone w nowoczesne urządzenia techniczne, systemy napędu i automatyki. Oczyszczalnia Płaszów zapewnia pełne mechaniczno-biologiczne oczyszczanie ścieków zgodnie z wymogami przepisów polskich i unijnych. W przypadku oczyszczalni Kujawy w bieżącym roku rozpoczęto jej rozbudowę i modernizację w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko, której głównym celem jest obniżenie wartości azotu ogólnego i w efekcie spełnienie wymagań dyrektywy 91/271/EWG. Zakłady te zaspokoją potrzeby miasta w najbliższych kilkunastu, a może nawet kilkudziesięciu latach z uwagi na duże rezerwy przepustowości, w tym głównego, płaszowskiego, na poziomie ok. 20%. Są przygotowane na dalszy rozwój Krakowa oraz gmin sąsiednich, obsługiwanych przez Wodociągi Krakowskie w ramach tworzonego wodociągu obszarowego. Stopień skanalizowania miasta przekroczył wymagane w dyrektywie unijnej 95% i jest dalej podnoszony nowymi przyłączami. Sprawą palącą w Polsce jest rozwiązanie, zgodne z dyrektywami UE, kwestii odpadów produkowanych w oczyszczalniach i tu wizytówką nowoczesnej gospodarki ściekowej i powodem do dumy jej inwestora i operatora – Wodociągów Krakowskich – jest STUO, które umożliwi unieszkodliwienie do 103 tys. t osadu pościekowego rocznie.

STUO – kompleks budowlany i technologiczny

Podczas uroczystego uruchomienia krakowskiego STUO 19 października 2010 r. Jacek Majchrowski podkreślał analogie między oboma obiektami, tj. otwieranej spalarni osadów pościekowych i planowanej spalarni odpadów komunalnych. Być może również już wtedy myślał o oddaniu zarządzania budową tej ostatniej w ręce doświadczonego Ryszarda Langer. „Komin jest podłączony do pieca i jeśli wydobywa się z niego cokolwiek innego niż para wodna, piec automatycznie się wyłącza. Taka sama zasada będzie obowiązywać w nowej spalarni śmieci dla Krakowa” – mówił prezydent miasta. By jednak osiągnąć ten pozornie prosty efekt, zastosowano bardzo skomplikowane technologie.

Jak opisują Zbigniew Malec, kierownik STUO, oraz szef całego projektu, Grzegorz Wojas, wydajność termicznego przekształcania instalacji wynosi 64 t s.m./d osadów pochodzących z Oczyszczalni Ścieków Płaszów i Oczyszczalni Ścieków Kujawy oraz lokalnych oczyszczalni. Instalacja pracuje w ruchu ciągłym 24 h/d. Obróbce poddawany jest ustabilizowany komunalny osad ściekowy o kodzie 19 08 05, zawierający średnio 24% suchej masy, o wartości opałowej 10,75 MJ/kg. W przygotowaniu jest program włączenia do utylizacji termicznej skratek ściekowych.

Osady wytwarzane w oczyszczalni są transportowane przy pomocy układu dwóch ogrzewanych i izolowanych termicznie przenośników mechanicznych ze stacji mechanicznego odwadniania osadów bezpośrednio do magazynu osadu odwodnionego o pojemności 2500 m³ z wydzieloną częścią stanowiącą bunkier zasypowy osadów.

Z bunkra zasypowego osad podawany jest do podsuszenia. Proces odbywa się do osiągnięcia 36% suchej masy, co daje możliwość prowadzenia procesu termicznej utylizacji w warunkach autotermicznych, przy których cały proces obróbki termicznej osadu wymaga jak najmniejszej ilości energii z zewnątrz (nie trzeba dodawać paliwa, gazu ziemnego).

Termiczna utylizacja osadów ściekowych realizowana jest w reaktorze ze złożem fluidalnym Pyrofluid® typu R56. Proces jest wyposażony w system odzysku ciepła ze spalin, składający się z dwóch wymienników ciepła ułożonych kolejno: rekuperatora i ekonomizera.

Uzyskane ciepło wykorzystuje się do wstępnego podgrzania powietrza fluidyzacji przed podaniem go do reaktora, podgrzania czynnika grzewczego (pary wodnej) do węzła poduszania oraz do zmniejszenia temperatury spalin w celu ochrony urządzeń do oczyszczania spalin oraz polepszenia skuteczności usuwania zanieczyszczeń. Ciepło odzyskane z wymienników spaliny – powietrze nie jest wystarczające do wysuszenia osadu w suszarce z powodu jego relatywnie niskiego stopnia odwodnienia. Dlatego też na obiegu parowym został zainstalowany kocioł. W razie potrzeby produkuje dodatkową parę wspomagającą rozruch i eksploatację suszarki.

W instalacji zastosowano suchy system oczyszczania spalin. STUO jest wyposażone w aparaturę kontrolno-pomiarową do ciągłych pomiarów parametrów procesu i zanieczyszczeń. Na wylocie spalin do atmosfery został zainstalowany analizator, pracujący w systemie online, realizujący ciągły pomiar.

Do sterowania procesem wykorzystuje się rozbudowane systemy automatyki i nadzoru komputerowego, składające się z modułowych, swobodnie programowalnych sterowników PLC, połączonych światłowodem ze stacją dyspozytorską składającą się z komputerów przemysłowych typu PC z oprogramowaniem typu Scada. Rolą systemu jest automatyczne prowadzenie procesu technologicznego w nadzorowanym obszarze oraz gromadzenie informacji o parametrach technologicznych i stanie urządzeń technologicznych. Także informacje z systemu ciągłego monitoringu spalin są przekazywane do nadrzędnego systemu sterowania. Na podstawie otrzymanych danych nadrzędny system sterowania dobiera parametry procesu termicznej utylizacji w celu zoptymalizowania pracy, m.in. dla zminimalizowania emisji zanieczyszczeń do atmosfery i zużycia paliwa do procesu.

Instalacja wyposażona jest ponadto w systemy pomocnicze, niezbędne do prawidłowego rozruchu i eksploatacji. Zainstalowano układ demineralizacji wody kotłowej oparty na metodzie odwróconej osmozy, przechowywania i dozowania reagentów (węgiel aktywny, wodorowęglan sodu), uzupełniania piasku w złożu fluidalnym, sprężonego powietrza, chłodzenia (spaliny, para w warunkach awaryjnych, kondensat z procesu suszenia), transportu (dźwigi, wciągarki, suwnice) oraz pompownię wody technologicznej.

Po termicznej utylizacji osadów powstają dwie kategorie odpadów stałych. Pierwsza to popioły lotne i popioły paleniskowe, pochodzące z I stopnia odpylania przy pomocy multicyklonu i elektrofiltru (ten typ pozostałości po procesie termicznej utylizacji osadów ściekowych kwalifikowany jest jako odpad inny niż niebezpieczny). Drugą kategorią są odpady poreakcyjne z obróbki chemicznej spalin, wychwytywane w II stopniu odpylania w filtrze workowym, które kwalifikowane są jako odpady niebezpieczne. W procesie stabilizacji takich odpadów zastosowano technologię firmy OTV polegającą na zastosowaniu procesu rozpuszczania części pozostałości w wodzie technologicznej. Proces ten opiera się na oddzieleniu substancji rozpuszczalnych od nierozpuszczalnych. Substancje rozpuszczalne, jak NaCl, Na₂SO₄ i NaHCO₃, niebędące odpadem niebezpiecznym, przechodzą do wody nadosadowej i zwracane są na początek



Fragment głównego kanału spalin pomiędzy wymiennikami, tj. rekuperatorem a ekonomizere

oczyszczalni. Substancje nierozpuszczalne, zawierające głównie węgiel aktywny i popiół, są oddzielane podczas filtracji, a następnie zestalane przy pomocy cementu. Plac dla czasowego magazynowania pozostałości z oczyszczania spalin i zestalonych odpadów znajduje się bezpośrednio przy budynku zestalania odpadów. Powierzchnia tego placu wynosi 700 m², co zapewnia składowanie rocznej produkcji zestalonych odpadów.

Co wydobywa się z kominą?

Oczywiście, najistotniejszą kwestią w sprawnym działaniu spalarni są efekty ekologiczne, czyli możliwie najmniejsza ilość zanieczyszczeń w odprowadzanych spalinach, w przypadku spalania śmieci szczególnie kancerogennych dioksyn. W skład gazów odlotowych pochodzących z procesów termicznej utylizacji osadów w złożu fluidalnym wchodzi gaz spalinowy N₂, CO₂ i O₂, woda zawarta w doprowadzanym do pieca paliwie (w postaci pary), frakcja mineralna zawarta w doprowadzanym do pieca osadzie i wynoszona wraz z gazami odlotowymi w postaci popiołów. Zanieczyszczenia usuwane podczas procesów oczyszczania to przede wszystkim popioły, gazy kwaśne HCl, SO_x, HF, NO_x oraz metale ciężkie, dioksyny i furany.

Jak już wspomniano, w piaszowskiej instalacji termicznego przekształcania osadów zastosowano suchy system oczyszczania spalin. System ten składa się z następujących etapów: usuwanie popiołów za pomocą zespołu urządzeń odpylających: multicyklon wraz z elektrofiltrem (I stopień odpylania), usuwanie zanieczyszczeń o charakterze kwaśnym przez wprowadzenie suchego kwaśnego węgla sodu, usuwanie rtęci, metali ciężkich oraz dioksyn i furanów przez wprowadzenie węgla aktywnego, usuwanie popiołów i produktów ubocznych oczyszczania spalin za pomocą filtra workowego (II stopień odpylania), odprowadzanie gazów odlotowych (wentylator wyciągowy, komin).

Multicyklon oddziela zawieszoną cząstkę ze strumienia gazów odlotowych. Do doczyszczenia gazów zastosowano filtr elektrostatyczny. Multicyklon może usunąć ok. 85% popiołów zawartych w gazach spalinowych, a elektrofiltr doczyszcza je do ok. 97%, pozostały popiół, gazy kwaśne i metale ciężkie są usuwane w II etapie oczyszczania spalin. Mieszanka odpadu z chemicznego oczyszczania spalin, zmieszana z ok. 3% popiołu z procesu

spalania i usunięta w filtrze workowym w II etapie odpylania, ma optymalny skład do wymaganego procesu wymywania i zestalania. W wyniku wywołanej w multicyklonie rotacji gaz spalinowy unosi się ku górze, do centralnego kanału spalin, a popiół zbiera się na obrzeżach ściętego stożka, a następnie opada do leja. Razem z popiołem usuwane są te z metali ciężkich, które nie są w postaci pary. Multicyklon powoduje usunięcie ok. 10% rtęci zawartej w gazach spalinowych. Drugą częścią systemu odpylania jest elektrofiltr, na którym w wyniku działania sił elektrostatycznych osiadają cząsteczki popiołu. Co pewien czas popiół opada do leja. Przed rozpoczęciem oczyszczania gazów odlotowych metodą suchą spaliny wymagają schłodzenia z 200 °C do 190 °C. Schładzanie odbywa się przez wtrysk chłodzącego powietrza. Uzyskanie temperatury gazu na poziomie 190 °C jest korzystne ze względu na efektywność następujących w dalszej kolejności procesów oczyszczania (dawkowanie reagentów).

Popioły oddzielone w multicyklonie i elektrofiltrze reprezentują frakcję mineralną spalanego w piecu osadu. Frakcja ta jest inerta, pozbawiona zapachu i sterylna – bezpieczna pod względem sanitarnym. Skład chemiczny popiołów zależy od składu doprowadzanego do spalania pieca paliwa. Przeprowadzono testy na wyfukowanie, które pokazały, że wymywanie metali ciężkich jest niewielkie. Popioły gromadzone na dnie multicyklonu i elektrofiltrze, w lejach zasypowych, są następnie poprzez system transportu pneumatycznego przenoszone do silosu, którego pojemność zapewnia przechowywanie przez trzy doby. Po opróżnieniu silosu popioły transportuje się do wyspecjalizowanych firm, wyłonionych w przetargu publicznym, do dalszego wykorzystania gospodarczego. Od momentu przejścia stacji przez MPWiK ani jeden kilogram popiołów lub pozostałości po chemicznym oczyszczeniu spalin nie trafił na składowisko odpadów. Jest kilka sposobów powtórnego wykorzystania popiołów takich, np. jako dodatku do produkcji cegieł, jako substytutu gliny w produkcji cementu lub materiału do budowy dróg.

Neutralizacja związków kwaśnych zawartych w gazach odlotowych odbywa się przy użyciu kwaśnego węgla sodu. Pozwala on na wysoką skuteczność w likwidowaniu HCl, HF i SO₂. Wtrysk kwaśnego węgla następuje z niewielkim nadmiarem reagenta, dlatego też proces ten charakteryzuje się niewielką ilością produktów ubocznych. Zmielony reagent wtryskiwany jest w przeciwnym kierunku do gazu odlotowego przed filtrem workowym za pomocą wentylatora. Proces neutralizacji rozpoczyna się już w strumieniu gazu i finalizuje się w filtrze workowym. Zastosowanie tego reagenta z niewielkim jedynie nadmiarem pozwala na uzyskanie stężeń zanieczyszczeń oczyszczonych spalinach w zakresie wymaganym przez obowiązujące przepisy. Wodorowęglan sodu magazynowany jest w silosach.

Instalacja Pyrofluid® przez regulację temperatury i nadmiaru powietrza pozwala na zmniejszenie dobowej emisji NO_x, tak aby nie przekraczała wartości stężeń wymaganych przepisami. By zabezpieczyć się przed niespodziewanym wzrostem wartości stężeń maksymalnych godzinowych, spowodowanych chwilowymi wzrostami temperatury w piecu lub zmienną charakterystyką doprowadzanego osadu, zastosowano SNCR – selektywną niekatalityczną redukcję NO_x. Metoda ta polega na wstrzykiwaniu do górnej części reaktora 25-procentowego roztworu wody amoniakalnej. SNCR działa jak bariera zabezpieczająca przed chwilowymi wzrostami stężeń NO_x w spalinach.

Rtęć jest jedynym metalem, który nie jest usuwany w takim samym przedziale temperatur jak pył, ponieważ wówczas ma formę lotną. Tak więc wraz z pyłami w multicyklonie usuwane są wszystkie metale ciężkie poza rtęcią, której stopień usuwania na tym etapie oczyszczania wynosi ok. 10%. Duże stężenie rtęci odnotowuje się zwłaszcza w osadach pochodzących z oczyszczalni Kujawy. Usunięcie pozostałej rtęci wymaga zastosowania dodatkowych metod oczyszczania gazów odlotowych. Odbywa się to przez dozowanie węgla aktywnego równocześnie z dozowaniem wodorowęglanu sodu. Węgiel aktywny magazynowany jest w silosie. Sorbent wtryskiwany jest pod prąd do gazu odlotowego przed filtrem workowym za pomocą wentylatora. Natężenie przepływu doprowadzanego reagenta zależy od wartości mierzonych na wylocie z komin.

W wyniku reakcji zachodzących po wprowadzeniu kwaśnego węgla sodu i węgla aktywnego powstają porażające produkty uboczne (przereagowane chemikalia i popioły), które muszą zostać usunięte z gazu przed ich ostatecznym odprowadzeniem do atmosfery. Sprawność usuwania zanieczyszczeń w filtrach workowych wynosi ponad 99,9% i dlatego zawartość pyłów w spalinach na wylocie z systemu oczyszczania jest niższa od 10 mg/Nm³ (dla osuszonego gazu i przy 11% v O₂), czyli wartości wymaganej przez przepisy. W każdym filtrze workowym wytwarza się warstwa zatrzymanych produktów ubocznych, określana jako placek. Placek ten działa również jako reaktor (zachodzą w nim reakcje chemiczne), przez co możliwe jest zmniejszenie nadmiaru reagentów wtryskiwanych do strumienia gazów. Worki wykonane są z odpowiedniego materiału, charakteryzującego się odpornością na wysokie temperatury oraz działaniem kwaśnego węgla sodu. Czyszczenie filtrów workowych odbywa się przez doprowadzenie w przeciwnym kierunku sprężonego powietrza. Wszystkie produkty uboczne gromadzone na dnie filtra workowego przenoszone są transportem pneumatycznym do silosu o pojemności zapewniającej trzydniowe przechowanie. Produkty uboczne z silosu transportuje się za pomocą przenośnika do jednostki rozcieńczania i zestalania.

Gazy odlotowe usuwane są przy pomocy wentylatora wyciągowego. Pozwala on na utrzymanie w obudowie pieca ciśnienia poniżej zera. Dlatego też ciśnienie w wymiennikach ciepła i urządzeniach do oczyszczania gazu odlotowego pozostaje zawsze niższe niż ciśnienie atmosferyczne. Dzięki temu utrudniona jest ucieczka gazu i pyłu z przewodów, a atmosfera wewnątrz budynków pozostaje czysta.

Komin stalowy o średnicy 0,8 m z wykładziną wewnętrzną z AISI 316 został zaprojektowany tak, aby zapewnić prędkość gazów na wylocie równą 12 m/s. Jego wysokość umożliwia rozproszenie emisji – jest wyższy o 5 m od najwyższego budynku znajdującego się na terenie oczyszczalni, ma 25 m, licząc od poziomu gruntu.

„Dzięki uruchomieniu STUO Kraków już dzisiaj może się szczycić kompleksowym rozwiązaniem gospodarki ściekowej polegającym na pełnym oczyszczeniu wszystkich ścieków miejskich oraz zaawansowaną technologicznie utylizacją pozostałości poprocesowych w oczyszczalni” – podsumowuje Mieczysław Góra, wiceprezes zarządu, dyrektor ds. techniczno-inwestycyjnych MPWiK SA w Krakowie.