

Budynek gospodarki pozostałościami procesowymi z widoczną instalacją stabilizowania i zestalania pozostałości z systemu oczyszczania spalin

KRAKOWSKA EKOSPALARNIA w fazie rozruchu

tekst: **ANNA BIEDRZYCKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

zdjęcia: **KRAKOWSKI HOLDING KOMUNALNY SA**

W przyszłym roku zminimalizuje się problemem zagospodarowania odpadów komunalnych w Krakowie. Zbliży się bowiem do końca budowa Zakładu Termicznego Przekształcania Odpadów. 20 listopada 2015 r. wydano decyzję – pozwolenie na użytkowanie. Po wykonaniu wszystkich niezbędnych testów i prób Świadectwo Przejęcia Zakładu ma być przekazane pod koniec marca 2016 r.

Krakowska spalarnia odpadów komunalnych jest największą z sześciu budowanych obecnie w Polsce (podobne powstają w Poznaniu, Bydgoszczy, Szczecinie, Białymstoku i Koninie). Przyjęcie termicznego przekształcania odpadów komunalnych jako podstawowej metody ich zagospodarowania ma doprowadzić gospodarkę odpadami w polskich miastach do pełnej zgodności z przepisami Unii oraz prawa krajowego. Zgodnie z prawodawstwem Wspólnoty, implementowanym do prawa polskiego, jednym ze sposobów ekologicznego postępowania z odpadami, po segregacji i recyklingu, jest odzysk energii w nich zawartej, czyli termiczne przekształcanie odpadów połączone z produkcją energii cieplnej i elektrycznej. Energia uzyskana ze spalania odpadów może być uznawana w 42% za zieloną energię (wytworzoną z odnawialnych źródeł, do jakich mogą zaliczać się odpady komunalne).

Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów (ZTPO) w Krakowie jest wyjątkowy z dwóch względów. Po pierwsze, to najdroższa z powstających obecnie spalarni w Polsce (673 mln zł netto, 827 mln zł brutto, w tym dofinansowanie z Unii ok. 372 mln zł), a zrazem najdroższy obiekt technologiczny, jaki dotąd zbudowano w Krakowie. Po drugie, budują go Koreańczycy z Posco Engineering & Construction Co., Ltd., czyniąc z tej inwestycji swój referencyjny obiekt (pierwsza realizacja tej firmy w Europie). Umowę z wykonawcą podpisano 31 października 2012 r. Projekt realizowany jest w formule zaprojektuj i wybuduj. W umowie zapisano, że wykonawca ma 1100 dni na zaprojektowanie, uzyskanie decyzji ad-

ministracyjnych, wybudowanie, uzyskanie pozwoleń i koncesji oraz uruchomienie ZTPO. Roboty budowlane rozpoczęły się 6 listopada 2013 r., a 3 grudnia 2013 r. odbyło się podpisanie aktu erekcyjnego ZTPO. Podpisy na dokumencie złożyli prezydent Krakowa Jacek Majchrowski, prezes zarządu Krakowskiego Holdingu Komunalnego SA Ryszard Langer oraz kierownik projektu reprezentujący Posco Engineering & Construction Co., Ltd. Bok Seok Jung.

Zgodnie z pierwotnym harmonogramem, zakład miał zostać uruchomiony do końca 2015 r. Tymczasem stan zaawansowania robót budowlano-montażowych związanych z budową ZTPO oraz linii 110 kV i sieci ciepłowniczej 2 x DN 600 mm wyniósł na dzień 20 listopada 2015 r. 98%. W rezultacie w najnowszym harmonogramie termin oddania instalacji do eksploatacji wyznaczono na 28 marca 2016 r.

„Wykonawca od pewnego czasu prowadzi testy pomontażowe poszczególnych urządzeń oraz całych systemów i instalacji, co wynika z zapisów pozwolenia zintegrowanego i tym samym stanowi integralną część robót budowlanych i odbiorów. 27 października 2015 r. wykonawca oficjalnie zgłosił do Państwowej Straży Pożarnej zawiadomienie o zakończeniu budowy i zamiarze przystąpienia do użytkowania” – informuje Marcin Gafan, dyrektor zarządzający Krakowskiego Holdingu Komunalnego SA (KHK SA).

ZTPO powstaje w ramach *Programu gospodarki odpadami komunalnymi w Krakowie*, umieszczonego na liście Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2007–2013. Mimo

trzymiesięcznego opóźnienia w oddaniu inwestycji, Kraków nie straci unijnego dofinansowania, podobnie jak pozostałe budowane spalarnie, którym przyznano dofinansowanie z POIiŚ. Warunkiem jest, aby budowa w tym roku była zaawansowana na minimum taką kwotą kosztów kwalifikowanych, ile wynosi dofinansowanie unijne. Do końca 2015 r. muszą być wystawione faktury na te kwoty. „KHK SA w związku z wcześniejszymi sygnałami od wykonawcy wystąpił do NFOŚiGW o to, aby aneksować umowę o dofinansowanie. Zgodnie z podpisanym 15 października 2015 r. aneksem nr 5 do tej umowy, strony ustaliły m.in., że Holding jest zobowiązany do zakończenia inwestycji (to termin wydania ostatecznej decyzji pozwolenia na użytkowanie) do 31 grudnia 2015 r. oraz że jest zobowiązany do zakończenia realizacji zakresu rzeczowego projektu (to data podpisania protokołu odbioru ostatecznego wszystkich działań planowanych w ramach projektu) do 30 czerwca 2016 r. Co do umowy na dostawę odpadów do spalania w ZTPO, w chwili obecnej mamy obowiązującą umowę wykonawczą, zgodnie z którą Gmina Kraków będzie zapewniała strumień odpadów dla potrzeb ZTPO. Ponadto wykonawca podpisał umowę na dostawę odpadów przez MPO, które zostaną wykorzystane do prowadzenia prób końcowych po spełnieniu warunków wynikających z kontraktu” – wyjaśnia dyr. Marcin Gałan.

Brakujące ostatnie ogniwo

W Krakowie wytwarzanych jest obecnie ok. 321 tys. t odpadów komunalnych. Większość, bo aż 86%, trafia na składowiska, a tylko 14% jest segregowanych i odzyskiwanych. Unia Europejska uznaje składowanie za najmniej przyjazne środowisku. Dlatego też wkrótce po uruchomieniu ZTPO zostanie zamknięte główne wysypisko śmieci dla Krakowa w Baryczu.

Krakowski ZTPO znajduje się w dzielnicy XVIII Nowa Huta, na działce położonej przy ul. Giedroycia, będącej własnością Gminy Miejskiej Kraków. W „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Krakowa” funkcje tego terenu zostały określone kategorią IT, czyli jako tereny urządzeń infrastruktury technicznej – obiekty i urządzenia służące zaopatrzeniu w wodę, odprowadzeniu i oczyszczaniu ścieków, gospodarce odpadami. Jest to teren niezagospodarowany, położony w sąsiedztwie czynnego składowiska popiołów i żużli Elektrociepłowni Kraków SA.

Investorem budowy jest Krakowski Holding Komunalny SA, jednoosobowa spółka Gminy Miejskiej Kraków, która jako spółka dominująca, posiada bezpośredni udział wynoszący 100% kapitałów pozostałych spółek holdingu (MPEC SA, MPK SA, MPWiK SA, ARM SA). Wkład własny Holdingu w budowę spalarni wynosi 301 mln zł, z czego 298 mln zł stanowi pożyczka z NFOŚiGW. Holding jest właścicielem i będzie też operatorem spalarni, czyli podmiotem odpowiedzialnym za jej prawidłowe funkcjonowanie, eksploatację i odtworzenie majątku.

ZTPO stanowi jeden z najważniejszych elementów tworzonego systemu gospodarki odpadami w Krakowie i jego integralną część. „W Krakowie od wielu lat budowany jest nowoczesny system gospodarki odpadami, wykorzystujący infrastrukturę związaną z odzyskiem, recyklingiem i unieszkodliwianiem odpadów. Jednym ze sposobów ekologicznego postępowania z odpadami, powszechnie stosowanym w całej Europie, jest ich termiczna utylizacja z odzyskiem energii. Dlatego właśnie w stolicy Małopolski powstaje Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów. Będzie on stanowić ostatnie i niezwykle

istotne ogniwo kompleksowego systemu gospodarki odpadami, dzięki któremu Kraków osiągnie europejskie standardy w zakresie ochrony środowiska” – podkreśla dyr. Marcin Gałan.

W zakresie projektu mieści się budowa Zakładu Termicznego Przekształcania Odpadów wraz z niezbędnymi instalacjami oraz podłączeniami, zakup pojemników do selektywnego zbierania odpadów, przeprowadzenie kampanii edukacyjnej w zakresie prawidłowej gospodarki odpadami oraz przeprowadzenie kampanii informacyjno-promocyjnej na rzecz upowszechnienia informacji o wkładzie wspólnotowym w realizację przedsięwzięcia.

Rozbudowa istniejącego systemu gospodarki odpadami z jednoczesnym zastosowaniem instalacji do ich termicznego przekształcania ma doprowadzić do osiągnięcia wyznaczonych celów społecznych, gospodarczych i środowiskowych. Do celów społeczno-gospodarczych zaliczono: zapewnienie funkcjonowania bezpiecznego dla zdrowia ludzi systemu zagospodarowania odpadami; ograniczenie składowania odpadów w sposób niekontrolowany, które bezpośrednio lub pośrednio może być niekorzystne dla zdrowia ludzi; uniknięcie emisji CH₄ i CO₂ ze składowania odpadów; oszczędności na koszcie zakupu gruntów pod składowisko odpadów; uniknięcie spadku wartości gruntów po wybudowaniu składowiska w promieniu 1000 m od lokalizacji składowiska; zwiększenie zatrudnienia przy obsłudze powstałej instalacji (zatrudnienie znajdzie tam 65 osób).

Cele środowiskowe i społeczne to: uzupełnienie systemu gospodarki odpadami komunalnymi obszaru Gminy Miejskiej Kraków o instalację umożliwiającą zagospodarowanie (odzysk) strumienia 220 tys. t/rok zmieszanych odpadów komunalnych oraz produkcję energii w kogeneracji (założona wydajność ZTPO jest wynikiem przyjęcia bardzo wysokiego poziomu selektywnej zbiórki zapewniającej odzysk surowcowy na poziomie ok. 55% w stosunku do strumienia danej frakcji na wejściu do systemu); redukcję strumienia odpadów kierowanych do unieszkodliwienia przez składowanie do ok. 13% w stosunku do strumienia wejściowego do ZTPO; redukcję masy odpadów ulegających biodegradacji kierowanych do składowania.

Korzyści z powstania zakładu odniesie również Nowa Huta i jej mieszkańcy, którzy zgodnie z podpisaną 17 czerwca 2009 r. „Deklaracją stron jako umową społeczną” będą mogli korzystać z ponad 50 inwestycji towarzyszących budowie spalarni, m.in. w infrastrukturę drogową, zieleńce oraz obiekty rekreacyjne i sportowe, budowę sieci wodociągowej, kanalizacyjnej i ciepłowniczej, prowadzenie konsultacji społecznych. W ramach pakietu sportowego umowy zbudowano już boiska wielofunkcyjne, powstaje basen na os. Handlowym; wkrótce ma rozpocząć się remont ul. Klasztornej i rozbudowa kanalizacji w tej ulicy.

Charakterystyka procesu technologicznego

Instalacja składa się z dwóch linii do termicznego przekształcania odpadów komunalnych wraz z pomocniczymi instalacjami i obiektami. Rzeczywista wydajność wynosi 28,2 t/h, czyli 14,1 t/h na każdej linii. Przy założonym czasie pracy instalacji – 7800 h/rok, roczna wydajność kształtuje się na poziomie 220 tys. t odpadów komunalnych o średniej wartości opałowej 8,8 MJ/kg. Proces termicznego przekształcania odpadów odbywa się w węzłach: przyjmowania i przygotowania odpadów, spalania odpadów i odzysku energii, wytwarzania i przesyłania energii elektrycznej, oczyszczania spalin, waloryzacji żużla, stabilizowania i zestawiania.



Główny budynek procesowy z widoczną obudową komina o wysokości 70 m, w której wewnątrz o średnicy 7,6 m znajdują się dwa ciągi kominowe o średnicy na wylocie 1,6 m każdy

Przełączka między głównym budynkiem procesowym a budynkiem gospodarki pozostałościami procesowymi, widoczne elewacje obu budynków oraz zakończenie komina

Główny budynek procesowy z widoczną instalacją transportu przegrzanej pary do węzła wytwarzania energii elektrycznej (turbozespołu parowego)

Wnętrze bunkra na odpady, na pierwszym planie suwnica wraz z zawieszonym na niej chwytnikiem do załadunku odpadów, w tle pomieszczenie operatora suwnicy

Do ZTPO dostarczane będą jako główny strumień niesegregowane (zmieszane) odpady komunalne oznaczone kodem 20 03 01 oraz inne odpady (w tym zmieszane substancje i przedmioty) z mechanicznej obróbki odpadów inne niż wymienione w 19 12 11, odpady oznaczone kodem 19 12 12. Dostawy odpadów będą odbywać się w dniach roboczych w godzinach 6–18. W tym czasie będzie można rozładować 150 śmieciarek samochodowych o ładowności ok. 8 t, tj. 25 pojazdów na jedno z sześciu stanowisk rozładunkowych.

Przed wjazdem na teren zakładu sprawdzane będą karty przekazania odpadów i zgodność odpadów z podaną w karcie charakterystyką. Pojazdy dostarczające odpady, jak również wywożące pozostałości procesowe (żużel, złom, zestalony popiół lotny i pozostałości stałe z oczyszczania spalin) oraz pojazdy przywożące materiały, reagenty i paliwo będą ważone dwukrotnie (na wjeździe i na wyjeździe z zakładu). Wagi pomostowe zostały wyposażone w czytniki kart do identyfikacji i rejestracji rodzaju i numeru pojazdu oraz zezwolenia na jego wjazd. Po zakończeniu czynności ważenia i zapisaniu danych skomputeryzowany system rejestracji przekaże je do centralnej dyspozytorni. Wszystkie informacje o dostawie wraz z informacjami z karty przekazania odpadu i ich ewidencja będą archiwizowane i przetwarzane w systemie komputerowym. System umożliwi automatyczne generowanie zestawień danych w celu bieżącej kontroli jakości i ilości przyjmowanych odpadów w zakładowym laboratorium. Stanowisko z czujnikami do wykrywania materiałów radioaktywnych zlokalizowano na wjeździe. Pojazdy, opuszczając teren ZTPO, będą przejeżdżać przez myjnię najazdową.

Droga przejazdu śmieciarek od głównego wjazdu do hali rozładunku jest ściśle wytyczona. Transport będzie się odbywał wyłącznie po wykonanych już drogach. Pojazdy będą wjeżdżać do strefy rozładunku odpadów znajdującej się w hali rozładunkowej przez automatycznie zamykane bramy. Wjazd i wyjazd będzie kierowany za pomocą sygnalizacji świetlnej zabudowanej na zewnątrz hali. Odpady będą rozładowywane do jednokomorowego bunkra na odpady znajdującego się 8,8 m poniżej poziomu posadzki. Robocza pojemność bunkra to ok. 9640 m³, co pozwala na ciągłą pracę przez pięć dni. W bunkrze zastosowano system odwodnienia i odprowadzenia odcieków oraz układ umożliwiający jego czyszczenie. Mając na celu ograniczenie rozprzestrzeniania się odorów, powietrze z hali rozładunkowej i bunkra na odpady będzie zasysane i kierowane do komory spalania za pomocą wentylatorów i wykorzystywane w procesie termicznej utylizacji. W hali rozładunkowej i w bunkrze na odpady będzie utrzymywane niewielkie podciśnienie, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się odorów poza budynek. W okresie postoju instalacji termicznego przekształcania odpadów, a tym samym także wentylatorów powietrza pierwotnego, funkcja ograniczenia emisji odorów będzie realizowana przez kolumnę dezodoryzacyjną z węglem aktywnym, usytuowaną w podziemiu. W celu monitorowania temperatury i poziomu odpadów zostanie zainstalowany w bunkrze na odpady system termograficznego monitoringu (skanowania). Dane

będą wyświetlane i przesyłane do kabiny operatora suwnicy i do centralnej dyspozytorni.

Bunkier wyposażono w dwie suwnice z chwytnikami sześciopalcowymi i jednym chwytnikiem rezerwowym. Przy objętości 5 m³ i wskaźniku rezerwy na poziomie 50% każda suwnica charakteryzuje się wydajnością wynoszącą ponad 42 t/h. Chwytniki suwnic zaopatrzone w system elektroniczny do pomiaru ciężaru odpadów ładowanych do lejów z dokładnością min. ±3%. Wszystkie informacje będą przesyłane do centralnej dyspozytorni. Suwnice są sterowane zdalnie z kabiny operatora.

Węzeł spalania odpadów i odzysku energii składa się z układu podawania odpadów, układu rusztu chłodzonego powietrzem, układu doprowadzenia powietrza do spalania, palników, odzulfiania i odpopielania. Odpowiednia technologia spalania stanowi podstawę redukcji emisji zanieczyszczeń (CO, NO_x, dioksyn i furanów) w komorze spalania i zapewnia regulację nadwyżki powietrza, czyli zawartość O₂ w spalinach. Powietrze wtórne jest zasysane z górnej części kotła, a następnie wtłaczane do kanału między komorą spalania a pierwszym ciągiem kotła w sposób optymalizujący mieszanie się spalin, co poprawia jakość spalania. Powietrze wtórne wprowadzane jest na dwóch odrębnie regulowanych poziomach w celu zapewnienia odpowiedniej prędkości przepływu przez dysze w warunkach każdego obciążenia.

Dla celów rozruchowych i utrzymania minimalnej temperatury w komorze dopalania, również w przypadku szczególnych warunków zaistniałych w procesie spalania, w każdym piecu zainstalowano dwa palniki pomocnicze o mocy 12 MW każdy, opalane olejem opałowym o wartości opałowej 42 MJ/kg, który jest rozpylany przy zastosowaniu sprężonego powietrza. Utrzymywanie temperatury spalin powyżej 850 °C przy wystarczająco długim czasie przebywania spalin (> 2 s) jest możliwe w wyniku zastosowania odpowiedniej geometrii komory dopalania. Minimalna temperatura w komorze dopalania wynosi 850 °C. Przejście z komory spalania do komory dopalania określa się jako strefę turbulencji. Mieszanie się spalin jest wspomagane przez wdmuchiwanie powietrza wtórnego. Dwa poziomy wprowadzania powietrza przewidziano na ścianie przedniej i tylnej przejścia między komorą spalania a komorą dopalania.

Proces termicznego przekształcania odpadów jest prowadzony tak, aby stałe pozostałości z procesu spełniały warunki: całkowity węgiel organiczny (CWO) < 3% suchej masy lub straty prażenia < 5% suchej masy. Żużel będzie usuwany z rusztów przez szczeliny powietrzne rusztu, opadając do dwóch odzulfaczy z zamknięciem wodnym. Rozwiązanie to zapewnia uszczelnienie powietrzne między piecem do spalania a atmosferą. Odzulfacz wyposażony jest w skrzynię wodną na każdej linii, umożliwiającą dostawę wody chłodzącej (recykulacyjnej), czujnik poziomu wody i przelewu. Woda z odzulfacza może zostać odprowadzona za pośrednictwem zasuw sterowanej automatycznie (zawór odwadniającej). Opary powstające podczas odzulfiania i wydostające się z odzulfacza są

zawracane do rynny zsypanej żużli przy zastosowaniu wentylatora powietrza pracującego w sposób ciągły.

Głównym urządzeniem w układzie odzysku energii cieplnej jest kocioł odzysknicowy z naturalnym obiegiem spalin. W kotle zachodzi wymiana ciepła: spaliny zostają schłodzone do temperatury 180 °C, a odzyskane ciepło służy do zamiany wody przepływającej przez kocioł na przegrzaną parę wodną. Przegrzana para wodna o ciśnieniu 40 barów i temperaturze 415 °C kierowana jest do węzła wytwarzania i przesyłania energii elektrycznej. Woda zasilająca kocioł podgrzewana jest w ekonomizerach (wymienniki ciepła).

Powierzchnie cieplne kotła (układ poziomy) będą czyszczone przy zastosowaniu kolektorowego układu strzepującego. W skład układu strzepywania wchodzi automatyczne urządzenie czyszczące, które czyści wiązki rur kotła w wyniku uderzania w specjalnie do tego celu wyznaczone punkty na wiązkach rur. Czyszczenie kotła będzie przeprowadzane z częstotliwością oraz intensywnością zależną od stopnia zabrudzenia kotła. Substancja pokrywająca powierzchnie ogrzewalne będzie swobodnie opadać i bez zakłóceń trafiać do lejów popiołu zlokalizowanych poniżej poszczególnych modułów powierzchni ogrzewalnych. Za pośrednictwem układu transportu mechanicznego i pneumatycznego pyłów kotłowych popiół przesyłany będzie do silosu popiołu lotnego, usytuowanego w budynku gospodarki pozostałościami procesowymi.

Produkcja energii elektrycznej realizowana jest w układzie turbozespołu parowego: turbina parowa oraz generator energii elektrycznej. Turbinę parową kondensacyjną zaprojektowano w celu osiągnięcia jak najlepszej charakterystyki eksploatacyjnej przy obciążeniu 100%. Wytworzona przez kocioł odzysknicowy para przegrzana jest podawana na łopatki turbiny. Następuje rozprężenie pary i przejście jej w stan kondensatu. W napędzanym przez turbinę generatorze następuje wytworzenie energii elektrycznej. Wariant ten występuje przy zmniejszonym zapotrzebowaniu na energię cieplną. Natomiast w okresie, kiedy turbina będzie pracować w trybie kogeneracji, produkowana będzie zarówno energia cieplna, jak i elektryczna.

Projektowa moc elektryczna w zależności od kaloryczności odpadów wyniesie max. 16,19 MWe w trybie kondensacyjnym. Parametry pary na wlocie do turbiny: ciśnienie 38 barów, temperatura 413 °C przy 100-procentowym obciążeniu kotła. W trybie kogeneracji moc elektryczna wynosi ok. 10,74 MWe w okresie zimowym i letnim. Moc cieplna oddawana do sieci ciepłowniczej wynosi max. 35,0 MWt dla dwóch linii spalania. Wytwarzana energia elektryczna będzie częściowo wykorzystywana w zakładzie. Pozostała jej część ma być przesyłana do sieci zewnętrznej przez przyłączy do stacji transformatorowej wysokiego napięcia – GPZ Wanda (Tauron Dystrybucja SA). Energia cieplna będzie częściowo wykorzystywana do ogrzewania ciepłej wody użytkowej i obiektów ZTPO, a reszta przekazywana do miejskiej sieci ciepłowniczej Krakowa.

Dla powstających gazów odlotowych w procesie spalania zaprojektowano węzeł oczyszczania spalin metodą półsuchą, składający się z następujących etapów: metoda selektywnej niekatalitycznej redukcji tlenków azotu (SNCR) z wtryskiem mocznika, półsucha metoda odsiarczania GSA (*Gas Suspension Absorption*), wtrysk pylistego węgla aktywnego, filtrowanie cząstek stałych.

Pierwszy etap oczyszczania spalin prowadzony będzie już w komorze dopalania przed kotłem odzysknicowym. Do strumienia spalin wtryskiwany będzie mocznik. W ten sposób spaliny poddawane będą oczyszczaniu metodą SNCR. Następnie spaliny, opuszczając kocioł, będą wprowadzane do absorbera wykorzystującego półsu-

chę metodę GSA. Absorber wyposażony jest we wtrysk zawiesiny wapna hydratyzowanego w celu neutralizacji związków chloru, siarki i fluoru oraz wtrysk pylistego węgla aktywnego w celu neutralizacji całkowitego węgla organicznego (TOC), par rtęci oraz dioksyn i furanów. Kolejnym etapem jest oczyszczanie gazów na filtrach workowych z cząstek stałych pochodzących z popiołów lotnych, stałych produktów reakcji z absorbera GSA, cząstek pylistego węgla aktywnego z zaadsorbowanymi zanieczyszczeniami.

Oczyszczone spaliny głównym wentylatorem ciągu wprowadzane będą do atmosfery ciągami kominowymi (emitor E1 i E2). Ilość wytworzonych NO_x jest powiązana z temperaturą spalania, ilością wolnego tlenu w strefie spalania i regulacją procesu. Aby spełnić wymagany warunek dotrzymania standardu emisyjnego dla średniej dobowej, wynoszącej 200 mg NO_x/m_u³, przy zachowaniu optymalnego zakresu temperatury spalin konieczne jest stosowanie wspomnianego już procesu SNCR. Polega on na bezpośrednim wtrysku w przestrzeń gazów spalinowych aerozolu 25-procentowego roztworu mocznika do komory przez odpowiednio rozmieszczone dysze wykorzystujące powietrze pod ciśnieniem. Proces przebiega w temperaturze 300÷400 °C. Skuteczność reakcji zależy od rozwinięcia powierzchni reakcyjnej między kroplami mocznika a spalinami. W celu uzyskania wysokiej skuteczności redukcji tlenków NO_x będzie stosowany wtrysk na odpowiednio wybranym poziomie dla umożliwienia reakcji między tlenkami azotu a reagentem w zakresie wymienionych temperatur. W tym celu zostały zaprojektowane dysze wtryskowe mocznika rozstawione wokół całego przekroju komory spalania, w jej górnej części, które zapewnią jednorodne i stałe rozprowadzenie mocznika w strefie spalania. Sygnał z analizatora NO_x i sygnał natężenia przepływu spalin (pomiar emisji w kominie) służyć do określenia ilości roztworu mocznika i wody do rozcieńczenia. Minimalna ilość magazynowanego mocznika będzie wystarczająca na co najmniej dwa tygodnie nieprzerwanego zasilania każdej linii procesowej.

W celu neutralizacji kwaśnych związków spaliny będą przechodzić przez zwężkę Venturiego za pośrednictwem kolanka wlotowego do specjalnego reaktora GSA. Zanieczyszczenia kwaśne w spalinach, takie jak SO₂, HCl i HF, są usuwane w reaktorze w wyniku reakcji chemicznych zachodzących na skutek wtryskiwania sorbentu (mączki wapiennej) do strumienia gazów. Odpowiedni rozdział spalin w zwężce Venturiego osiągnąć będzie w wyniku zastosowania specjalnie zaprojektowanych do tego celu łopatek rozdzielających strumień spalin, zabudowanych na kolanku wlotowym.

Woda wtryskiwana do sekcji rury wznosnej za pomocą dyszy służy do schłodzenia spalin. Główna część procesu schładzania odbywa się w wyniku odparowania wody z mokrych substancji recyrkulujących. Ilość wody jest regulowana w celu utrzymania wymaganej temperatury oczyszczonych spalin. Temperatura musi być możliwie najniższa, ponieważ pochłanianie składników kwaśnych ze spalin przez mączkę wapienną jest skuteczniejsze w niższych temperaturach. Z drugiej strony nadmiernie niskie temperatury zwiększą prawdopodobieństwo zbrzylenia się substancji recyrkulujących w reaktorze.

Prędkość przepływu spalin w reaktorze jest stosunkowo wysoka i niektóre cząstki stałe są porywane ze spalinami do górnej części sekcji rury wznosnej i trafiają bezpośrednio do cyklonu. Tam główna część cząstek stałych (ok. 99%) jest oddzielana od spalin i jedynie niewielkie cząstki stałe są przesyłane wraz ze spalinami na filtr workowy. Wychwycone cząstki stałe są zawracane do reaktora za pośrednictwem komory recyrkulacyjnej, której celem jest zapewnienie buforowania produktów reakcji z nadwyżką mączki

wapiennej dla utrzymania wydajności absorpcji na właściwym poziomie oraz kontrolowania skoków temperatury. Komora recykulacyjna składa się z metalowej komory i przenośników. Podwójny przenośnik śrubowy, zabudowany w dolnej części komory, ma za zadanie transport części stałych z powrotem do sekcji rury wznoszącej reaktora. Natomiast przenośnik śrubowy, zabudowany w górnej części, odbiera nadmiar popiołu lotnego i substancji utworzonych w wyniku reakcji chemicznych.

Układ magazynowania zaprojektowany został tak, aby zapewnić zapas mączki wapiennej na min. osiem dni ciągłej pracy zakładu. Silos mączki wapiennej ma w swoim wyposażeniu wagi tensometryczne umożliwiające obliczenie zużycia mączki i filtr odpowietrzający z wentylatorem do łatwego rozładunku mączki. Będzie ona dostarczana do podajnika śrubowego za pośrednictwem urządzenia rozładującego umieszczonego na silosie mączki wapiennej, a następnie z podajnika śrubowego do zwężki Venturiego i absorbera GSA przez dysze. Prędkość podawania mączki wapiennej będzie regulowana na podstawie stężenia tlenków siarki SO₂ mierzonych w spalinach w kominie.

Za absorberem GSA został zabudowany filtr workowy. Filtr ten składa się z czterech sekcji połączonych równolegle ze sobą. Nieoczyszczone spaliny przepływają przez worki filtrów, gdzie na powierzchni zbierają się wytrącone części stałe. Odfiltrowane spaliny przepływają do przedziału spalin oczyszczonych i kanału zbiorczego spalin oczyszczonych, a następnie za pomocą głównego wentylatora ciągu są transportowane do komina. Oczyszczanie worków tkaninowych z osadzonych zanieczyszczeń następuje za pomocą sprężonego powietrza. Przez automatyczny system regeneracji worków, funkcjonujący na zasadzie różnicy ciśnień na filtrach workowych, osadzone zanieczyszczenia zrzucane są do leja zbiorczego u podstawy filtra workowego.

Odprowadzanie pozostałości poprocesowych z układu oczyszczania spalin i pyłów z kotła odzysknicowego do silosu popiołu jest realizowane za pomocą transportu pneumatycznego. Gwarantuje to bezpyłowy transport do silosów popiołu w węźle stabilizowania i zestalania w budynku gospodarki pozostałościami procesowymi. Silos popiołu wyposażono w filtr, układ grzewczy leja i układ fluidyzacji do niezawodnego rozładunku.

Oczyszczone spaliny z wylotu filtra workowego będą odprowadzane za pomocą głównego wentylatora ciągu spalin do ciągu kominowego, a następnie do atmosfery. Każda linia spalania odpadów posiada niezależny emitor i wentylator ciągu wyprowadzający spaliny do atmosfery. Obydwa emitory (E1 i E2) umieszczone są we wspólnej obudowie komina. Każdy z emitorów ma 70 m wysokości i średnicę 1,6 m. Zadaniem głównego wentylatora ciągu jest zapewnienie odprowadzania spalin do emitora, utrzymanie odpowiedniego podciśnienia w piecu rusztowym, pokonanie oporów przepływu powstających w układzie oczyszczania spalin. Komin został zbudowany z materiałów antykorozyjnych na fundamencie pierścieniowym. Wszystkie części wykonano ze stali nierdzewnej jako dwupłaszczowe, co zabezpiecza dostęp do zabudowanych przyrządów kontrolnych i sterowniczych (ciągłych i nieciągłych). Wyposażono go w kompletną instalację odgromową, uziemiającą, oświetlenie przeszkodowe i kamery systemu monitoringu. Na kominie znajduje się stanowisko i króćce pomiarowe do pomiarów okresowych oraz urządzenia systemu ciągłego pomiaru stężenia zanieczyszczeń oraz parametrów spalin.

Podsumowując, każdy ciąg instalacji do termicznego przekształcania odpadów spełnia wszystkie wymagania zawarte w rozpo-

Komponenty projektu

- Koszty przygotowawcze (w tym zakup gruntów) – 6 602 198 zł
- Koszty Jednostki Realizującej Projekt – JRP (KHK SA) – 7 007 518 zł
- Kontrakt nr 1. Budowa ZTPO (umowa podpisana 31.10.2012 z Posco Engineering & Construction Co., Ltd.) – 647 904 000 zł
- Kontrakt nr 2. Zakup pojemników do selektywnej zbiórki odpadów (umowa podpisana 20.06.2014 z 4M M. Zięciak, P. Gałęski, R. Rabęda Sp. j.) – 1 566 400 zł
- Kontrakt nr 3. Program edukacji ekologicznej – 2 622 403 zł
- Kontrakt nr 4. Inżynier kontraktu (umowa podpisana 05.08.2011 z Energopomiar Sp. z o.o.) – 4 500 000 zł
- Kontrakt nr 5. Pomoc techniczna dla JRP (umowa podpisana 21.06.2011 z konsorcjum firm: Ekocentrum Sp. z o.o., Sogreah Polska Sp. z o.o., Sogreah Consultants SAS, IMS Sp. z o.o.) – 1 940 000 zł
- Kontrakt nr 6. Działania promujące i informujące (umowa podpisana 11.09.2013 z Partner of Promotion Sp. z o.o. i Centrum Promocji i Reklamy Remedia) – 899 004 zł

ządzeniu Ministra Gospodarki w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. 2002, nr 37, poz. 339 ze zm.). Czas przebywania spalin w najbardziej niekorzystnych warunkach wynosi 2,53 s. Przyjęta technologia paleniska rusztowego zapewnia całkowitą zawartość węgla organicznego w żużlach niższą niż 3% lub zawartość części palnych poniżej 5%.

Należy podkreślić, że przy budowie krakowskiego ZTPO wykorzystano najnowocześniejsze dostępne techniki (*Best Available Techniques*), gwarantując zachowanie najwyższych standardów ochrony środowiska. Dzięki temu możliwe będzie spełnienie najbardziej rygorystycznych norm emisyjnych. Problematyczne wydaje się natomiast uzyskanie strumienia odpadów w ilości 220 tys. t rocznie, zwłaszcza że, jak już powiedziano, wcześniej należy usunąć z odpadów wszystkie elementy nadające się do odzysku. W działających już w Europie ZTPO ta zasada nie jest tak rygorystycznie obowiązująca i odpady nie są rozbiegane na części pierwsze przed ich termiczną przeróbką. Nie wiadomo zatem, kiedy instalacja będzie pracować na 100% swoich możliwości. Wielkość 220 tys. t odpadów została przyjęta m.in. przy założeniu osiągnięcia poziomów odzysku i recyklingu nałożonych na Polskę dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE w sprawie odpadów.

Na zakończenie warto powiedzieć o cennej pomocy, jaką w poznawaniu tajników pracy tego typu instalacji okazała Krakowowi Norymberga. Miasta bliźniacze Kraków i Norymberga prowadzą ścisłą współpracę na wielu płaszczyznach już od kilkunastu lat. Na zaproszenie burmistrza Norymbergi, dr. Petera Pluschke, z wizytą do ASN (Norymberski Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów) udała się grupa kadry kierowniczej oraz pracowników ekospalarni w Krakowie, by przez ponad tydzień zaznajamiać się z funkcjonowaniem podobnego zakładu, poznawać w praktyce specyfikę i charakter pracy, a także problemy, z którymi zespół obsługujący instalację zmagają się codziennie.

