

POMOSTY EKSPLOATACYJNE NA SKŁADOWISKACH ODPADÓW PALENISKOWYCH

Jacek Pietrzak, Jacek Jaworski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. W pracy omówiono skrótowo budowę i działanie składowisk odpadów paleniskowych oraz główne elementy technologii ich składowania. Opisano warunki pracy i stosowane konstrukcje pomostów eksploatacyjnych. Zaprojektowano kilka wersji pomostów o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych i przeanalizowano je, porównując takie ich cechy, jak: masa, pracochłonność wykonania, łatwość inspekcji, czyszczenia i malowania na składowisku, wysokość słupów potrzebna do zamocowania pomostu nad lustrem wody, estetyka. Wybrano i zarekomendowano bardzo korzystne, zdaniem autorów, rozwiązanie pomostu usytuowanego w dolnych pasach dźwigarów kratowych wysokości 1,1 m, spełniających zarazem funkcję barierek ochronnych.

Słowa kluczowe: pomost eksploatacyjny, pomost stalowy, składowisko odpadów paleniskowych

WSTĘP

Składowiska odpadów paleniskowych, zwane także składowiskami odpadów poprodukcyjnych, są budowlami hydrotechnicznymi, lokalizowanymi przeważnie możliwie blisko bloków elektrowni, elektrociepłowni lub ciepłowni. Produktem ubocznym spalania w ich kotłach węgla brunatnego lub kamiennego jest odpad w postaci pyłów, popiołu i żużla. Odpad ten uznany został jako niebezpieczny, dlatego określono ściśle warunki jego składowania.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. o odpadach [Rozporządzenie 2001], popioły i żużle powstałe jako produkt spalania węgla, czyli pyły odlotowe oraz mieszanki popiołowo-żużlowe o kodach odpadów 10 01 80; 10 09 10; 10 10 10, oznaczone symbolem Q8, jako pozostałości z procesów przemysłowych, należy składować na specjalnie zlokalizowanych, wydzielonych i odpowiednio zabezpiec-

Adres do korespondencji – Corresponding author: Jacek Jaworski, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Budowlanej, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail: jacek_jaworski@sggw.pl

czonych składowiskach odpadów paleniskowych. Wymagania dotyczące ich lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia zapewniać muszą bezpieczne dla zdrowia ludzi i dla środowiska składowanie odpadów, a w szczególności zapobiegać zanieczyszczeniu wód powierzchniowych i podziemnych, gleby, ziemi oraz powietrza. Powyższe wymogi regulują zapisy rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących poszczególnych typów składowisk odpadów [Rozporządzenie 2003].

Mechaniczny załadunek i wywóz odpadów paleniskowych transportem kołowym jest mało popularny z powodu pracochłonności i wysokich kosztów. W większości przypadków popiół i żużel mieszany jest w odpowiednich proporcjach z wodą, tworząc pulpę, która podawana jest poprzez system pompowni i układ rurociągów do miejsca zrzutu w czaszy składowiska (hydrotransport). Coraz częściej jednak popioły po odsączeniu są wywożone od razu do ich dalszego wykorzystania [Franik i Łaptaś 2005].

Zarys składowiska wyznaczają jego wały zewnętrzne, a powstała wewnątrz tego terenu czasza składowiska dzieli się za pomocą obwałowań wewnętrznych (działowych) na mniejsze pola, tzw. kwatery. Ma to szereg zalet dotyczących technologii składowania popiołów i żużla. Zapewnia możliwość przełączania zrzutu pulpy na wybrane kwatery, dokładnego wypełnienia mniejszych pojemności, szybszego osuszenia i odzyskiwania popiołu, powoduje mniejsze pylenie z aktualnie osuszanych powierzchni oraz umożliwia korzystny podział prac eksploatacyjnych i budowlanych na etapy. Osuszony w danej kwaterze odpad jest często sprzedawany do odbiorców zewnętrznych (np. jako składnik do produkcji betonu). Jeśli jednak nie ma zbytu na osuszony popiół wypełniający pojedynczą kwaterę lub finalnie całe składowisko, to wykonuje się kolejny etap rozbudowy pionowej obwałowań. Podwyższenie obwałowań zapewnia dodatkową pojemność składowania, ale również stwarza możliwość wykorzystania składowanego i osuszonego popiołu do budowy kolejnych obwałowań. Popioły i żużle, zwłaszcza zgromadzone w strefie zrzutowej pulpy, są dobrym, różnoziarnistym materiałem budowlanym. Frakcja popiołów porównywana jest często do piasków drobnych. Cykl wypełniania, osuszania i nadbudowy składowisk jest powtarzalny aż do momentu osiągnięcia określonej w pozwoleniu na budowę lub, w przypadku elektrowni, pozwoleniu zintegrowanym maksymalnej rzędnej składowania. Wówczas następuje rekultywacja końcowa składowiska.

TECHNOLOGIA SKŁADOWANIA ODPADÓW PALENISKOWYCH

Aby składowisko odpadów paleniskowych prawidłowo spełniało swoją funkcję i w celu umożliwienia kontroli zachodzących w nim procesów, niezbędne jest stosowanie szeregu urządzeń technicznych i kontrolnych:

- obwałowania zewnętrzne wyznaczają obszar przeznaczony do składowania i tworzą pojemność składowiska,
- obwałowania wewnętrzne tworzą podział wewnętrzny czaszy składowiska na mniejsze pola, ułatwiając tym eksploatację,
- uszczelnienie czaszy i skarp zabezpiecza środowisko przed infiltracją wód ze składowiska do gruntu naturalnego,
- studnie przelewowe umożliwiają kontrolowane ujęcie wody nadosadowej,

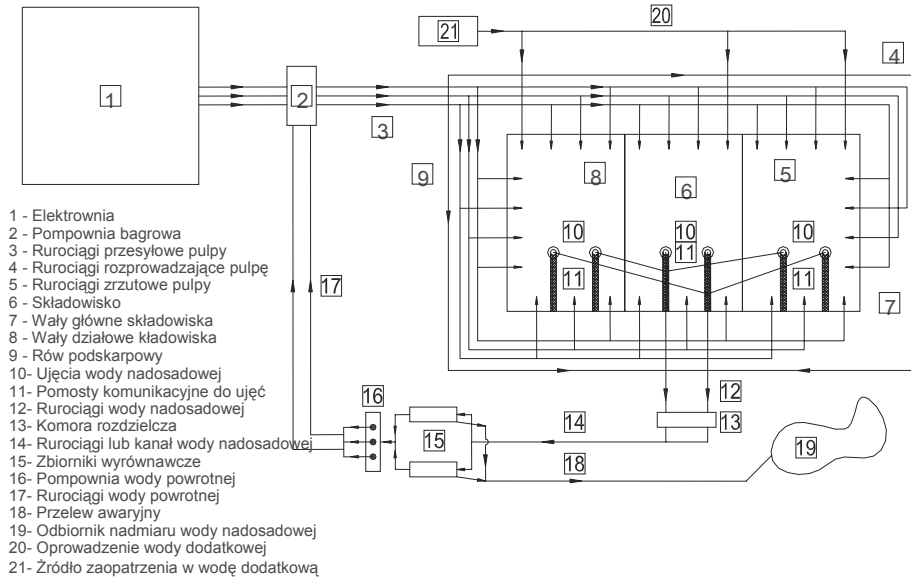
- pomosty komunikacyjne umożliwiają dostęp do studni przelewowych, rurociągi wody nadosadowej transportują ujętą wodę nadosadową poza obrys składowiska,
- osadnik wtórny powoduje wyrównanie poziomu wody przed pompowaniem oraz wytrącenie najdrobniejszych frakcji popiołu,
- pompownia i rurociągi wody powrotnej transportują wodę ze składowiska na teren elektrowni,
- pompownia bagrowa to miejsce mieszania się wody ze składowiska z odpadem produkcyjnym,
- rurociągi przesyłowe transportują mieszaninę popiołów, żużla i wody z pompowni bagrowej na teren składowiska,
- rurociągi rozprowadzające transportują pulpę do wydzielonych kwater na składowisku,
- rurociągi zrzutowe umożliwiają zrzut pulpy do wnętrza poszczególnych kwater składowiska,
- drenaże w dnie składowiska (wewnętrzne) odprowadzają wodę, która infiltrowała w głąb składowanej warstwy odpadów,
- drenaże podskarpowe (zewnętrzne) odprowadzają wodę filtrującą przez obwałowania zewnętrzne, obniżają krzywą filtracji przez obwałowania,
- rowy podskarpowe zbierają wodę z drenaży oraz wody opadowe z pobliskiego terenu,
- rowy wody nadosadowej przejmują wodę z rurociągów wody nadosadowej, instalacja zraszająca zabezpiecza okolice składowiska przed nadmiernym pyleniem,
- drogi technologiczne umożliwiają prawidłową eksploatację oraz transport na terenie składowiska,
- monitoring umożliwia prawidłowe i bezpieczne funkcjonowanie składowiska, pomiary pylenia, siły i kierunku wiatru, intensywności opadów atmosferycznych,
- czujniki piezometryczne umożliwiają kontrolę poziomu krzywej filtracji przez obwałowania zewnętrzne,
- repery (wgłębne i powierzchniowe) umożliwiają kontrolę osiadań konstrukcji ziemnych oraz studni przelewowych,
- łąty wodowskazowe umożliwiają kontrolę poziomu wody nadosadowej oraz stan wypełnienia składowiska.

Powstała z mieszaniny popiołu, żużla i wody pulpa przekazywana jest pod ciśnieniem z pompowni bagrowej na teren składowiska za pomocą rurociągów przesyłowych. Na składowisku rurociągi rozprowadzające umożliwiają transport pulpy na obwałowania konkretnej, wypełnianej w danym czasie kwatery. W wyjątkowych sytuacjach możliwe jest przekierowanie transportu pulpy na inną kwaterę. Następnie pulpa zrzucana jest do wnętrza kwatery rurociągami zrzutowymi, tzw. wylewkami. W kwaterze następuje proces osadzania się cząstek stałych (popiołu i żużla) oraz odprowadzenie wody z mieszaniny do studni przelewowych. Studnie przelewowe, zwykle dwie lub więcej w jednej kwaterze, wymuszają kierunek przepływu wody oraz osadzanie się cząstek popiołu i żużla w kwaterze. W bezpośrednim sąsiedztwie miejsca zrzutu, z daleka od studni przelewowych, osadzają się najgrubsze frakcje mieszaniny. Osadzanie się frakcji najdrobniejszych ma miejsce w pobliżu studni przelewowych.

Studnie przelewowe są konstrukcjami stalowymi płaszczywnymi wyposażonymi w okna, którymi przelewa się woda nadosadowa zgromadzona na powierzchni kwatery.

Dalej ze studni woda ta odprowadzana jest rurociągami pod dnem składowiska bezpośrednio lub z wykorzystaniem rowów wody nadosadowej do zbiorników wyrównawczych i pompowana jest pompami wody powrotnej do ponownego wykorzystania w pompowni bagrowej.

Usytuowanie głównych obiektów technologicznych składowisk odpadów paleniskowych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat technologiczny typowego składowiska odpadów paleniskowych

Fig. 1. Technological scheme of a typical furnace waste dump

Przedstawiony obieg wody jest obiegiem zamkniętym i stanowi główny ciąg technologiczny na składowisku odpadów paleniskowych. Oprócz wyżej wymienionych obiektów istnieją jeszcze układy drenaży oraz urządzenia pomiarowe. Istotnym elementem obiegu wody nadosadowej jest studnia przelewowa. Poziom składowanego materiału oraz poziom wody nadosadowej w kwaterze jest stale kontrolowany. Napływ wody do wnętrza studni jest regulowany w zależności od poziomu wypełnienia kwatery. Aby możliwa była kontrola wypełnienia kwatery i poziomu wody nadosadowej, niezbędne jest dojście służb eksploatacyjnych do korpusu studni. Komunikacja możliwa jest dzięki pomostom, których konstrukcja jest przedmiotem niniejszej pracy. Pomosty składają się z powtarzalnych przęseł stalowych wspartych na podporach stałych i przesuwnych, umożliwiających odkształcenia termiczne, niwelację ewentualnych niedokładności montażowych, nieprzewidzianych osiadań dna itp.

KONSTRUKCJE POMOSTÓW EKSPLOATACYJNYCH

Pomosty wraz z podporami są niezbędnym elementem wyposażenia każdego składowiska odpadów paleniskowych. Konstrukcja pomostu umożliwia dojście obsługi do studni przelewowej usytuowanej zazwyczaj wewnątrz zalewanej kwatery składowiska w odległości 50–100 m od korony obwałowań. Możliwe jest wówczas prawidłowe sterowanie odprowadzaniem wody z wnętrza kwatery i prawidłowe osuszanie gromadzonego w niej popiołu.

Pomosty są budowane jako jednoprzęsłowe lub powtarzalne, wieloprzęsłowe, w zależności od odległości studni przelewowej do korpusu obwałowania. W większości przypadków pomosty składają się z powtarzalnych przęseł o rozpiętości $L = 16,7$ m w osiach podpór. Podpory stałe i przesuwne, jako konstrukcje rurowe, posadowione są za pośrednictwem fundamentów żelbetowych w czaszy składowiska lub w korpusie obwałowania. W miarę wypełniania poszczególnych etapów składowania studnie przelewowe wraz z podporami pomostów podwyższane są o kolejny segment, a przęsła pomostów przenoszone na kolejny, wyższy etap. Przy przenoszeniu przęseł pomostów na kolejny etap konstrukcje stalowe powinny być czyszczone z rdzy i zabezpieczone antykorozyjnie, aby mogły być dalej bezpiecznie eksploatowane przez kolejny okres wypełniania.

Poniżej pokazano przykłady pomostów na składowiskach odpadów paleniskowych. Rysunek 2 ukazuje kwaterę częściowo wypełnioną i odstawioną z dwuwariantowym dostępem do studni przelewowej. Widoczna jest niezgodność etapowania nadbudowy studni przelewowej z etapowaniem wysokości podpór pomostów. Na rysunku 3 widoczne są uszkodzenia mechaniczne elementów o niewielkich przekrojach i przemieszczenia węzłów układu kratowego. Pokazane tu pomosty mają przęsła kratowe wykonane z ceowników (pas górny i dolny) oraz kątowników (słupki i krzyżulce). Komunikacja zapewniona została na poziomie górnego pasa kratownicy.



Rys. 2. Składowisko Elektrowni „Dolna Odra” (fot. Energoprojekt – Warszawa SA)

Fig. 2. ”Dolna Odra” Powerplant waste dump (photo by Energoprojekt – Warszawa SA)



Rys. 3. Budowa pomostu na składowisku przy Elektrowni Kozienice (fot. Energoprojekt – Warszawa SA)

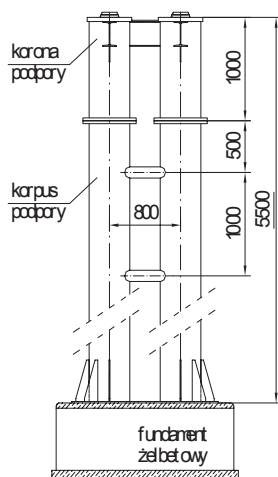
Fig. 3. Construction site of the operating platform near Kozienice Powerplant waste dump (photo by Energoprojekt – Warszawa SA)

Podpory rurowe są usztywnione przewiązkami w głowicy oraz w połowie wysokości elementu dokładanego. Pomosty o takiej budowie są najczęściej spotykane na składowiskach odpadów paleniskowych. Konstrukcja taka jest narażona na zalewanie mieszaniną popiołu, żużla i wody, zwłaszcza w końcowej fazie wypełniania kwatery. Pas dolny kratownicy znajduje się na wysokości spodu ostatniego okna przelewowego w korpusie studni. Jest to zjawisko niekorzystne ze względu na korozję stalowych elementów i konieczność ich remontu lub wymiany przy każdym przekładaniu o następny etap. Innym, również często spotykanym typem pomostów jest konstrukcja z belkami nośnymi przęsła, wykonanymi z kształtowników o przekrojach dwuteowych i rurowych.

ZAPROJEKTOWANE WARIANTY POMOSTÓW

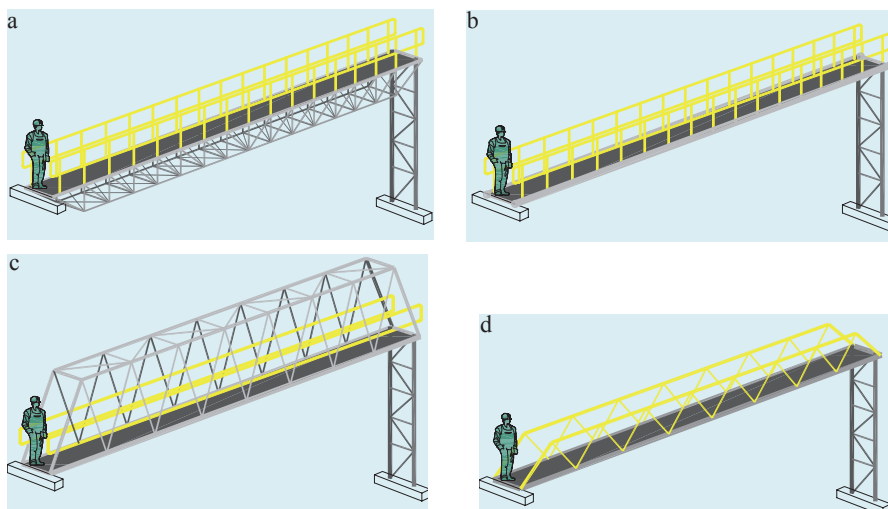
Autorzy pracy zaprojektowali pomost o standardowej rozpiętości przęsła 16,7 m, szerokości przęsła 1,1 m, ze stali trudnordzewiejącej S235J0W lub stali S235JR, z kratami pomostowymi i barierkami ochronnymi. Przyjęto obciążenia stałe i zmienne: eksploatacyjne, wiatrem, śniegiem, oblodzeniem i temperaturą.

Obciążenia od przęsła pomostów będą przenoszone przez stalowe podpory, a następnie przekazywane poprzez fundament żelbetowy na grunt. Podpory, wysokości $H = 5,5$ m, będą wykonane z dwóch rur stalowych przewodowych ze szwem, stężanych przewiązkami (rys. 4). W górnej części podpory wykonana będzie głowica w postaci poziomej blachy stalowej wzmocnionej żebrami oraz płyty wyposażonej w łożyska (podpory ślizgowe), a także w elementy mocowania pomostu na stałe (podpory stałe). Na konstrukcji nośnej pomostu oparte są kraty pomostowe, mocowane łącznikami dostosowanymi do rodzaju kraty. Przęsła pomostu wyposażone są w bariery ochronne wysokości 1,1 m ponad płaszczyznę krat pomostowych. W obliczeniach statycznych uwzględniono oddziaływanie stałe od barier, pominięto natomiast ich wpływ na zwiększenie sztywności i nośności pomostu.



Rys. 4. Szkic podpory stalowej
Fig. 4. Scheme of a steel support

- Uwzględniono cztery główne warianty konstrukcyjne pomostu pokazane na rysunku 5:
- 1 – pomost usytuowany w górnym pasie dźwigarów kratowych,
 - 2 – pomost usytuowany na dwóch belkach nośnych powiązanych poprzecznkami,
 - 3 – pomost usytuowany w dolnych pasach dźwigarów kratowych wysokości 2 m, z pasami górnymi połączonymi poprzeczkami,
 - 4 – pomost usytuowany w dolnych pasach dźwigarów kratowych wysokości 1,1 m, spełniających zarazem funkcję barierek.



Rys. 5. Zaprojektowane warianty konstrukcyjne pomostu: a – wariant 1, b – wariant 2, c – wariant 3, d – wariant 4
Fig. 5. Designed variants of the operating platform: a – variant No. 1, b – variant No. 2, c – variant No. 3, d – variant No. 4

Dodatkowo w każdym z tych rozwiązań uwzględniono trzy wersje: konstrukcja z kształtowników walcowanych, rur okrągłych i rur prostokątnych.

PORÓWNANIE ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH

Wszystkie warianty i wersje konstrukcji (łącznie 12 przypadków) mają te same wymiary i podlegają takim samym obciążeniom w zakresie przyłożonych oddziaływań oraz wymiarów konstrukcji (rozpiętość, szerokość przęsła). W każdym przypadku najlżejszą konstrukcję stanowi kratownica przestrzenna z komunikacją na poziomie pasa górnego. W zależności od przyjętych przekrojów prętów nośnych masa przęsła waha się od około 810 kg do około 1200 kg (bez uwzględnienia masy blach węzłowych oraz spoin), co stanowi od 30 do 70% masy przęsła w pozostałych rozwiązaniach. Stąd wynika, być może, popularność takich pomostów na składowiskach w latach 80. i 90. zeszłego stulecia. Stosunkowo lekka konstrukcja generuje nie tylko mniejsze koszty zakupu materiału, ale również nie stwarza dużych problemów związanych z podnoszeniem, przekładaniem czy transportem pomostów (np. podczas nadbudowy obwałowań składowiska). Łatwiejsza jest także obróbka czy wymiana mniejszych, pojedynczych elementów składowych konstrukcji. W rozpatrywanych wersjach tego rozwiązania konstrukcyjnego korzystne jest zastosowanie kształtowników o przekroju zamkniętym okrągłym lub prostokątnym. Można w ten sposób zredukować ciężar przęsła kratownicy do 30% w porównaniu z kształtownikami tradycyjnymi. Dodatkowym atutem, pomijanym często w obiektach przemysłowych, jest estetyka konstrukcji. Duża liczba niewielkich wymiarowo elementów konstrukcji sprawia wrażenie lekkości i uwidacznia przestrzenne rozwiązanie.

Omawiane powyżej rozwiązanie posiada również kilka cech negatywnych. Największą z nich wydaje się być duża pracochłonność przy wykonywaniu i eksploatacji tego typu konstrukcji. Chodzi tu o duże nakłady robocizny i czasu pracy, związane z wykonaniem dużej liczby połączeń prętów, a także z utrudnionym dostępem podczas czyszczenia czy zabezpieczania antykorozyjnego scalonej już konstrukcji przęsła. Poza tym omawiane konstrukcje kratowe składają się z elementów o małych przekrojach, przez co cała konstrukcja kratownicy jest większej wysokości. Ogranicza to w przypadku pomostów na składowiskach wysokość składowania, a także naraża konstrukcję na kontakt z wodą nadosadową, a nawet zalewanie pasa dolnego kratownicy. Zalany przez gromadzony popiół pomost jest narażony na korozję i trudniej jest go przełożyć na kolejny etap składowania. Elementy o małych przekrojach są też bardziej narażone na zniszczenie i deformacje spowodowane nieuwagą służb eksploatacyjnych (np. uderzenie ciężkim sprzętem).

Biorąc pod uwagę powszechnie występujące obecnie, często absurdalne terminy wykonania i dostawy wyrobu do inwestorów, a także kary ustanawiane za opóźnienia, pracochłonne rozwiązania są często wykluczane z realizacji. Mając na uwadze także negatywne aspekty kratownicy przestrzennej, w pracy rozpatrzono również inne układy konstrukcyjne.

Drugim z rozważanych wariantów jest konstrukcja składająca się z dwóch belek głównych, usztywnionych w kierunku poprzecznym prostopadłymi i skośnymi rozporami.

Masa takiego przęsła wynosi od około 2500 kg do około 2800 kg, co stanowi od 200 do 320% masy rozwiązania z kratownicą. Mniejsza liczba elementów do scalenia przęsła (25 zamiast 143, jak w wariacie pierwszym) skutkuje mniejszą pracochłonnością wykonania konstrukcji. Belki główne mają znacznie większe przekroje od pasów kratownicy, co znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo ich uszkodzenia podczas transportu i eksploatacji. Jednocześnie tak zaprojektowana konstrukcja zapewnia łatwy dostęp, umożliwiając jej dokładne oczyszczenie i malowanie.

W przypadku drugiego wariantu konstrukcji dwie główne belki nośne pracują przede wszystkim na zginanie w płaszczyźnie pionowej, a w mniej obciążonej płaszczyźnie poziomej wzmocnione są rozporami. Korzystne jest więc zastosowanie dwuteowników walcowanych, co w porównaniu z kształtownikami o przekroju zamkniętym daje redukcję masy przęsła do 15%. Mała złożoność konstrukcji i możliwość szybkiego jej scalenia może z czasem prowadzić do wyboru tego rozwiązania, szczególnie w przypadkach, kiedy w grę wchodzi krótki termin realizacji.

W konstrukcjach zaproponowanych jako warianty trzeci i czwarty zastosowano przekroje o wielkościach pośrednich pomiędzy wariantami 1 i 2. O zwiększeniu masy tych konstrukcji decydują dodatkowe elementy konstrukcyjne, w tym te, które spełniają jednocześnie rolę balustrad zabezpieczających. Oprócz zginania belek podłużnych istotne staje się w tym przypadku również wyboczenie pasów kratownic oraz ugięcia wywołane oddziaływaniem sił bocznych. Korzystnym rozwiązaniem w przypadku tych konstrukcji jest stosowanie elementów o przekrojach zamkniętych prostokątnych lub okrągłych.

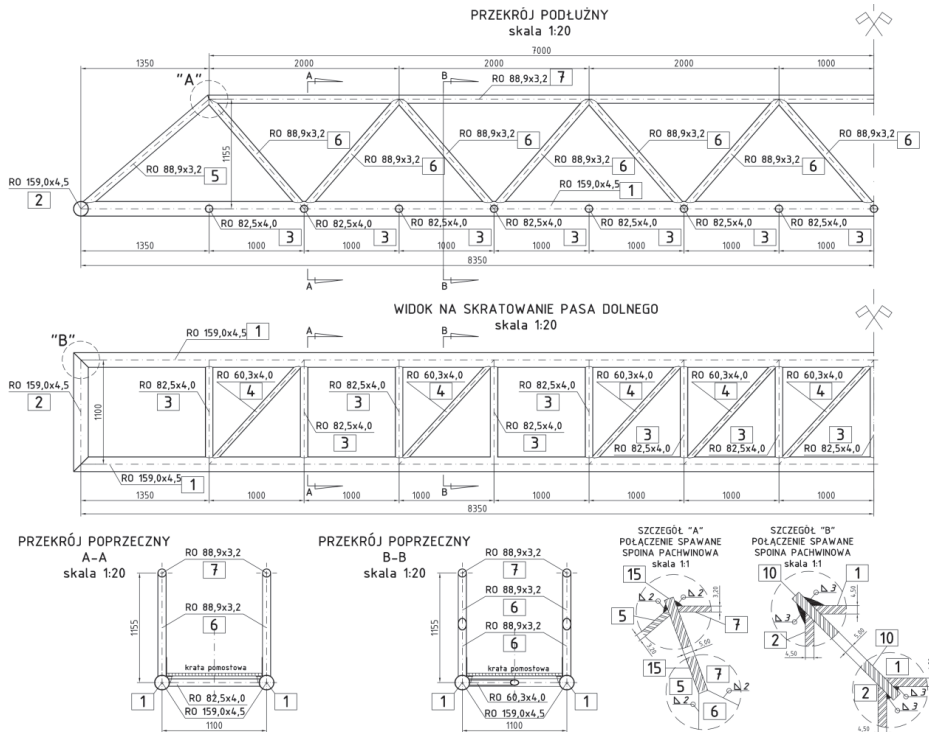
Stosując rozwiązania zaproponowane w wariacie 3 i 4, zyskuje się dodatkową przestrzeń (objętość) magazynowania popiołów na składowisku pod pomostami bez ryzyka zalewania ich konstrukcji, ponieważ rozwiązania te to kratownice przestrzenne z komunikacją w płaszczyźnie pasa dolnego. Umożliwiają zatem swobodę projektowania wysokości kratownicy bez ryzyka zatapiania jej dolnego pasa przez składowane substancje.

W wariacie 3, w celu zapewnienia swobodnego przejścia obsługi, pas górny z rozporami poprzecznymi zaprojektowano 2,0 m powyżej pasa dolnego i zrezygnowano z rozpór skośnych wewnątrz konstrukcji. Wymusza to stosowanie elementów bocznych o znacznych długościach, a więc i dużej sztywności, co przy prętach z kształtowników tradycyjnych powoduje zwiększenie masy konstrukcji od około 30% do około 100% w porównaniu z wariantem 1. Natomiast konstrukcje wariantu 3, wykonane z kształtowników o przekroju zamkniętym prostokątnym bądź okrągłym, wypadają korzystniej i stanowią od 40 do 55% masy pomostów wariantu 2.

Wariant czwarty to rozwiązanie z dźwigarami kratowymi, pełniącymi zarazem funkcję barier ochronnych. Komunikacja odbywa się w płaszczyźnie pasa dolnego. Pas górny nie posiada rozparć poprzecznych ani skośnych. Rozwiązanie takie pozwala na redukcję wysokości belek głównych pasa dolnego i rezygnację z wysoko wyniesionych rozparć pasa górnego, ale wymusza jednocześnie stosowanie masywnych przekrojów elementów pionowych bariery oraz rozpór pasa dolnego. Zestawiając wyniki ciężarów konstrukcji rozpatrywanych w wariacie 4, zauważyć można bardzo zbliżone wartości do ich odpowiedników z wariantu 3.

PODSUMOWANIE – WYBÓR WARIANTU KONSTRUKCYJNEGO POMOSTU

Porównano łącznie dwanaście przypadków obliczeniowych przęsła pomostu komunikacyjnego, różniących się zarówno układem konstrukcyjnym, jak i zastosowanymi kształtownikami. Ze względu na opisane powyżej wady i zalety poszczególnych konstrukcji, a także mając na uwadze krótki czas realizacji zamówienia oraz kary za spóźnienia coraz częściej uwzględniane w umowach, wybrano ostatecznie wariant 4, w wersji z kształtowników zamkniętych o przekrojach okrągłych. Dwie główne belki wzdłużne przęsła pomostu zostały tu rozbudowane do postaci dwóch płaskich kratownic i połączone ze sobą w płaszczyźnie pasa dolnego (rys. 6). Kratownice boczne są jednocześnie barierami ochronnymi. Zastosowanie kształtowników o przekrojach okrągłych jest tu uzasadnione ze względu na wymaganą dużą sztywność oraz pracę w dwóch płaszczyznach. Wybrane rozwiązanie ogranicza liczbę elementów składowych konstrukcji i jednocześnie nie generuje konieczności stosowania kształtowników o dużych przekrojach.



Rys. 6. Główne rzuty i przekroje przęsła pomostu
Fig. 6. The main plans and sections of the operating platform

Konstrukcja składa się z sześćdziesięciu trzech elementów rurowych, jest więc stosunkowo mało skomplikowana. Umożliwia znaczące skrócenie czasu realizacji pomostu w porównaniu z wariantem pierwszym i jednocześnie pozwala na zmniejszenie stosowanych przekrojów głównych elementów nośnych w porównaniu z wariantem drugim. Pas górny

i krzyżulce kratownic, tworzące jednocześnie układ prętów barier ochronnych, pozwalają odciążyć dwie belki główne przeszłą i w konsekwencji zmniejszyć ich przekrój z RO 406,4 × 8,0 do RO 139,7 × 4,0. Konstrukcja zapewnia łatwy dostęp do elementów węzłowych w przypadku ich scalania, czyszczenia, naprawiania, malowania itp. Spełnia też kryterium estetycznego wyglądu. Krótki czas wykonania jest ważny dla inwestora, dla którego niejednokrotnie liczy się czas przekazania inwestycji do realizacji, jak również dla wykonawcy, gdzie istotny jest nakład pracy, skomplikowanie konstrukcji i kary za opóźnienia.

PIŚMIENNICTWO

- Franik, H. Łaptaś, A. (2005). Zmiany w sposobie eksploatacji odpadów paleniskowych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, PAN, Oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, 35–48.
- Pietrzak, J. (2015). Projekt pomostu eksploatacyjnego na składowisku odpadów paleniskowych. Praca magisterska. WBIŚ SGGW, Warszawa.
- PN-EN 1990:2004. Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
- PN-EN 1993-1-1:2006. Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów. Dz.U. 2001 nr 112, poz. 1206.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów. Dz.U. 2003 nr 61, poz. 549.

OPERATING PLATFORMS AT FURNACE WASTE DUMPS

Abstract. The subject of this elaboration is a brief discussion of the layout and operation of furnace waste dumps and the main elements of the technology of storage of such wastes. Operating conditions and applied construction types of operating platforms were described. Several versions of the operating platforms were designed and analysed by comparison of such features as: weight, labour intensity of the realization, ease of inspection, anticorrosion cleaning and painting, height of the posts over the water level needed to mount the platform, aesthetics. The Authors chose and recommended the most favorable solution of the operating platform where the platform is situated in the bottom chord of the truss girders, the girders have height of 1.1 m and play a role of safety railings.

Key words: operating platform, steel structure, furnace waste dump

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 31.08.2016

Cytowanie: Pietrzak, J., Jaworski, J. (2016). Pomosty eksploatacyjne na składowiskach odpadów paleniskowych. *Acta Sci. Pol. Architectura*, 15 (4), 141–151.