
Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

TECHNOLOGIA REALIZACJI PRAC ROZBIÓRKOWYCH KOMINÓW MUROWANYCH I ŻELBETOWYCH

Roman KRZEWIŃSKI
Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Streszczenie

W referacie dokonano analizy zasadniczych metod prowadzenia prac rozbiórkowo – wyburzeniowych kominów murowanych i żelbetowych, oraz określono wpływ oddziaływania na środowisko negatywnych czynników związanych z zastosowaniem materiałów wybuchowych (MW): powietrznej fali uderzeniowej (PFU) oraz rozrzutu odłamków.

Słowa kluczowe: kominki murowane, kominki żelbetowe, materiały wybuchowe

Abstract

The report analyzes the basic methods of work of demolition - demolition of chimneys of brick and reinforced concrete, and the influence of the environmental impact of negative factors associated with the use of explosives: air shock wave and scattering debris.

Key words: stone fireplaces, reinforced concrete fireplaces, explosives.

1. WSTĘP

Zgodnie z art. 3 ust. 7 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo budowlane (Dz. U. 1994 Nr 89 poz. 414), roboty rozbiórkowe polegają na „demontażu i usunięciu z przestrzeni określonego, istniejącego obiektu budowlanego lub jego części”. [4,6,7]

Podejmując decyzję o likwidacji kominów murowanych bądź żelbetowych należy określić jaka technologia będzie najbardziej opłacalna zarówno pod względem ekonomicznym, jak również bezpieczeństwa pracy i otaczającej zabudowy. Obecnie stosuje się wiele metod prowadzenia rozbiórki, należą do nich metoda: ręczna, mechaniczna, wybuchowa, termiczna, chemiczna, a także cięcie wysokociśnieniowym strumieniem wody. Oprócz wymienionych często uzasadnione jest stosowanie metod kombinowanych polegających na połączeniu dwóch lub kilku technik w celu osiągnięcia lepszych efektów.

Przy rozbiórce konstrukcji wysokich należy również zapewnić zachowanie planowanego kierunku powalenia konstrukcji (poprzez zastosowanie: skracania obiektu, wprowadzanie stref obrotu, włomu bezpieczeństwa, ciężaru zawieszonoego na

linie lub wzmocnienia strefy podporowej). Istotnym problemem jest również zmniejszenie energii przekazywanej do otoczenia wywołanej upadkiem likwidowanego obiektu (płyty łamiące, składanie kominów, wały i rowy przeciwsejsmiczne itp.) – szerzej na ten temat traktują pozycję [2] oraz [3].

Z uwagi na ograniczone ramy referatu uwagę skupiono na przedstawieniu:

- najważniejszych wad i zalet poszczególnych technologii rozbiórki wraz z oceną możliwości ich zastosowania do rozbiórki kominów,
- negatywnego oddziaływania na środowisko zasadniczych czynników destrukcyjnych, wywołanych detonacją materiałów wybuchowych (PFU i rozrzut odłamków) na przykładzie rozbiórki komina murowanego o wysokości 75 m, oraz komina żelbetowego o wysokości 100 m znajdujących się na terenie zakładów przemysłowych,

Ze względu na objętość referatu pominięto ocenę oddziaływania fali parasejsmicznej w ośrodku gruntowym, generowanej wybuchem oraz upadkiem wyburzanej konstrukcji.

2. OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ZASADNICZYCH METOD ROZBIÓRKOWYCH

Nie wszystkie z wymienionych metod znajdują zastosowanie przy rozbiórce obiektów wysokich jakimi są kominy. W tabeli poniżej przedstawiono korzyści, straty oraz przydatność poszczególnych technologii wyburzania kominów murowanych i żelbetowych.

TABELA 1

Zestawienie zasadniczych metod wyburzania.[5]

Zalety	Wady	Przydatność
METODA RĘCZNA		
<ul style="list-style-type: none"> • duża precyzja prac, • możliwość dokładnej segregacji urobku • bezpieczna dla otoczenia (możliwość wykonywania prac w zwartej zabudowie lub w pobliżu obiektów zabytkowych), • wykorzystywanie nieskomplikowanego sprzętu. 	<ul style="list-style-type: none"> • wysokie koszty realizacji, • pracochłonność, • mała wydajność pracy (czasochłonność), • trudne warunki pracy dla robotników • brak możliwości zastosowania przy złym stanie technicznym obiektu), • wymuszona kolejność prowadzenia prac 	Metoda bardzo przydatna szczególnie gdy nie można wykorzystać do rozbiórki ciężkiego sprzętu bądź materiałów wybuchowych.
METODY MECHANICZNE		
Metoda powtarzalnych uderzeń		
<ul style="list-style-type: none"> • niskie koszty, • możliwość pracy w każdych warunkach (likwidacja obiektu po katastrofie, pożarze) 	<ul style="list-style-type: none"> • dodatkowe cięcie prętów zbrojeniowych, • dynamiczne oddziaływanie na otoczenie, • zapewnienie dużej przestrzeni wokół rozbieranego elementu • znaczny rozrzut odłamków 	Metoda nieprzydatna
Powalenia za pomocą ciągnika i liny		
<ul style="list-style-type: none"> • niskie nakłady finansowe, • możliwość segregacji urobku, • wykorzystywanie 	<ul style="list-style-type: none"> • dodatkowe podcinanie konstrukcji w kierunku powalenia, • cięcie prętów zbrojeniowych, 	Metoda przydatna w przypadku kominów niskich

nieskomplikowanego sprzętu	<ul style="list-style-type: none"> • generacja drgań przez udające elementy, • możliwość niekontrolowanego upadku, • duże wymiary gruzowiska. 	
Rozpieranie		
<ul style="list-style-type: none"> • niskie koszty, • duże bezpieczeństwo 	<ul style="list-style-type: none"> • ograniczony zasięg działania, • konieczność wiercenia otworów i bruzd, • zwiększenie kosztów przez cięcie zbrojenia, • trudno dostępne urządzenia 	Metoda przydatna jako pomocnicza do niszczenia fundamentów kominów
Wykorzystanie urządzeń dźwigowych		
<ul style="list-style-type: none"> • krótki czas realizacji robót, • mały nakład pracy fizycznej, • niski koszt w przypadku operowania koparek z osprzętem, • szeroki zakres stosowania 	<ul style="list-style-type: none"> • zasięg pracy maszyn • problemy z dostarczeniem sprzętu na koronę komina, • zapewnienie odpowiedniego dostępu do konstrukcji, • wykwalifikowana kadra, • trudno dostępny sprzęt specjalistyczny, • generacja drgań przez upadające elementy, • możliwość niekontrolowanego upadku, • duże wymiary gruzowiska. 	Metoda wysoce przydatna jako wiodąca
Cięcie piłami		
<ul style="list-style-type: none"> • łatwość stosowania, • duża wydajność, • brak oddziaływań dynamicznych, • szybkość cięcia, • bardzo wysoka jakość krawędzi, • bezpieczeństwo pracy, • jednoczesne cięcie betonu i stali 	<ul style="list-style-type: none"> • bardzo wysokie koszty ($> 3000\text{zł}/\text{m}^3$), • wysoce wykwalifikowana obsługa, • ograniczona głębokość cięcia, • duży hałas 	Technika przydatna jako wspomagająca przy metodzie ręcznej i mechanicznej
METODA TERMICZNA		
<ul style="list-style-type: none"> • brak wpływu klasy betonu oraz stopnia zbrojenia podczas niszczenia elementu, • bezwstrząsowe niszczenie, • łatwość przygotowania sprzętu, • dowolna grubość przecinanego elementu, • nie wymaga wolnej przestrzeni za niszczonym 	<ul style="list-style-type: none"> • wymagana wolna przestrzeń za niszczonym elementem (lanca proszkowa), • wymagane zabezpieczenia od upadających konstrukcji, • wyspecjalizowana obsługa, • wysoki koszt (zwłaszcza w przypadku lancy proszkowej), • konieczność wentylowania stanowiska pracy, • bezpieczeństwo. 	Niszczenie kominów murowanych i żelbetowych z wykorzystaniem lanc tlenowo – rdzeniowych jak i lanc proszkowych jest metodą nieprzydatną, nawet w zestawieniu kombinowanym z inną technologią wyburzania

<p>elementem (tylko lanca tlenowo – rdzeniowa),</p> <ul style="list-style-type: none"> • możliwość zastosowania w metodach kombinowanych np. do wykonywania otworów przy rozpieraniu 		
METODA CHEMICZNA		
<ul style="list-style-type: none"> • brak wpływu klasy betonu oraz stopnia zbrojenia • brak negatywnych oddziaływań dynamicznych, hałasu, wibracji, • niski koszt rozbiórki (ok. 600zł/m³elem. żelbetowego), • kontrola pęknięć i kruszenia jedynie w wyznaczonych strefach, • nie wymaga uprawnień saperskich, • brak zapylenia, • nie wymaga wysoce wyspecjalizowanej obsługi. 	<ul style="list-style-type: none"> • długi czas realizacji, • konieczność wiercenia otworów, • ograniczone zastosowanie. 	<p>Metody tej nie stosuje do rozbiórki kominów ceglanych i żelbetowych. Może być zastosowana podobnie jak metoda rozpierania jako technika uzupełniająca przy niszczeniu fundamentów.</p>
METODY WYBUCHOWE		
Rozprężający gaz – urządzenie Cardox		
<ul style="list-style-type: none"> • niewielki koszt niszczenia, • łatwość stosowania, • wielokrotnego użytku, • brak szkodliwych oddziaływań dynamicznych, • szybkość użycia, • nie powoduje rozlotu odłamków, • bezpieczne w środowisku materiałów łatwopalnych. 	<ul style="list-style-type: none"> • mała wydajność przy elementach silnie zbrojonych, • niewielki promień działania, • konieczność wiercenia otworów strzałowych, • w przypadku stosowania w betonach o niskiej wytrzymałości możliwość wystąpienia niekontrolowanych pęknięć • mało powszechna w Polsce. 	<p>Metoda nieprzydatna, nawet w zestawieniu kombinowanym z inną technologią wyburzania, czy też przy rozbiórce fundamentów. Metody tej nie zaleca się stosować w przypadku konstrukcji murowanych ze względu na jej małą efektywność.</p>
Niszczenie za pomocą materiałów wybuchowych		
<ul style="list-style-type: none"> • szybki czas realizacji, • bezpieczeństwo prowadzonych prac, • wyeliminowanie pracy ludzi i maszyn na wysokości, • niskie koszty, • szeroki możliwości zastosowania. 	<ul style="list-style-type: none"> • mnogość prac przygotowawczych, • możliwość upadku konstrukcji w kierunku nieplanowanym, • silne drgania parasejsmiczne, • duży hałas, • rozrzut odłamków, • brak możliwości zastosowania w gęstej zabudowie. 	<p>Szczególnie zalecana i efektywna przy niszczeniu obiektów wysokich, przy uwzględnieniu otaczającej zabudowy i infrastruktury technicznej.</p>

CIĘCIE WYSOKOCIŚCIENIOWYM STRUMIENIEM WODY

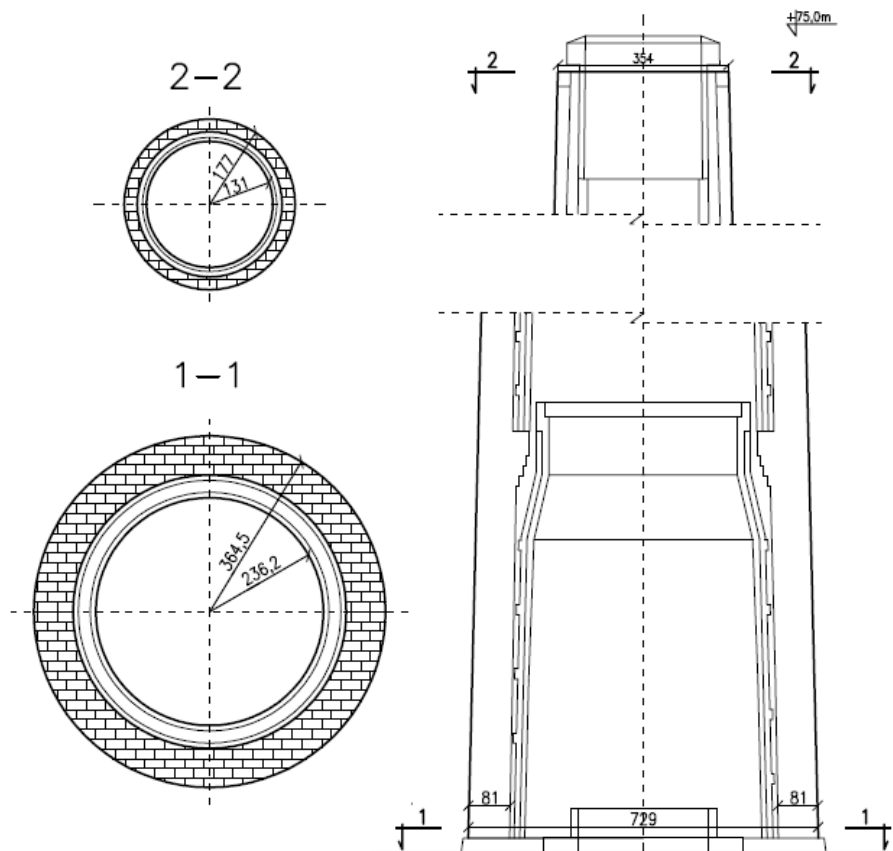
<ul style="list-style-type: none"> • duże bezpieczeństwo dla użytkownika, • precyzyjne cięcie, • wysoka prędkość i wydajność cięcia, • automatyczna redukcja ciśnienia i prędkości, • przyjazne dla środowiska (brak emisji pyłów i spalin). 	<ul style="list-style-type: none"> • dodatkowe przepalanie prętów zbrojeniowych, • efektywne tylko do grubości około 45 cm, • wysokie koszty, 	<p>Metoda nie jest powszechnie stosowana, nie mniej jednak jest techniką przydatną ale tylko dla kominów o grubości płaszcza i wymurówki nie przekraczającej 45 cm.</p>
---	--	---

3. ROZWIĄZANIA TECHNICZNO – ORGANIZACYJNE

3.1. Charakterystyka obiektów przeznaczonych do rozbiórki

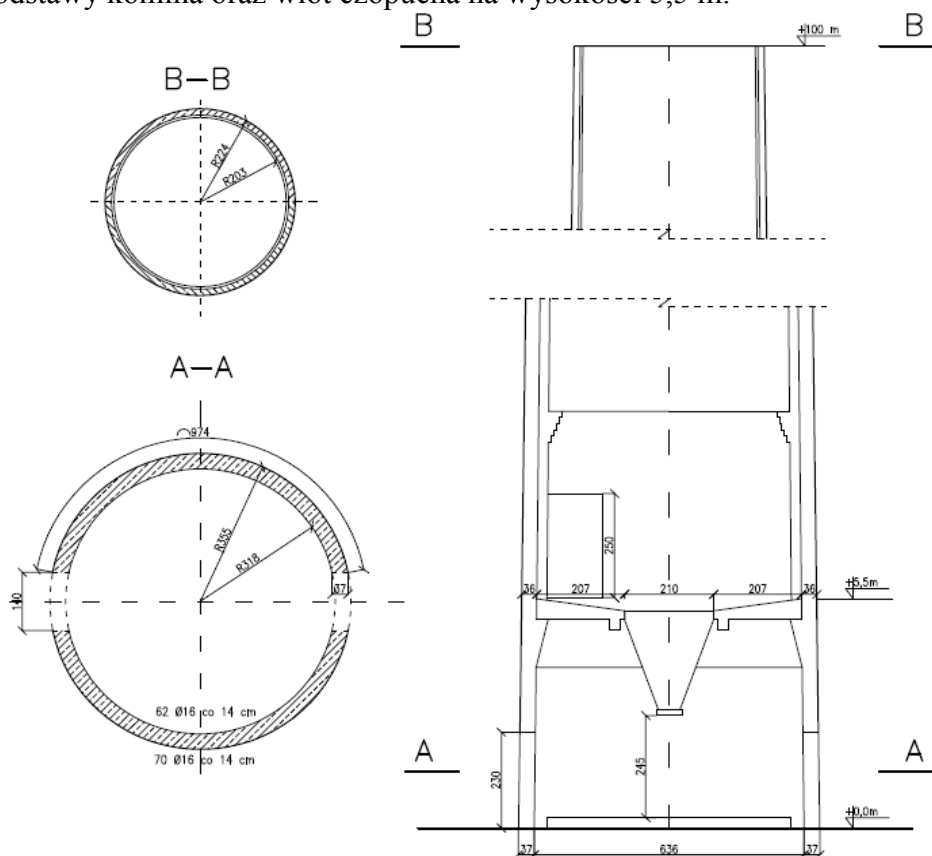
W wyniku przedstawionej analizy metod rozbiórki kominów dokonano wyboru metody wybuchowej. W celu zobrazowania oddziaływania robót strzałowych na otoczenie posłużono się dwoma przykładami.

Pierwszym analizowanym obiektem jest komin murowany o wysokości 75 m (rys. 1), wykonany z cegły kominówki klasy M18 o średnicy zewnętrznej u podstawy 7,29 m (grubość płaszcza 81 cm) oraz wylotu 3,54 m, z wymurówką w postaci cegły termalitowej i szamotowej na zaprawie ognioodpornej. Ponadto w płaszczu konstrukcji nie ma żadnych otworów technologicznych, a wlot czopucha znajduje się poniżej poziomu terenu.



Rys 1.
Budowa
komina
murowanego

Natomiast drugą omawianą konstrukcją stanowi komin żelbetowy o wysokości 100 m (rys. 2) z betonu klasy C30/37, zbrojony stalą B500Sp z wymurówką z cegły szamotowej o średnicy zewnętrznej u podstawy 7,10 m, oraz wylotu 4,48 m. W płaszczu konstrukcji znajdują się trzy otwory technologiczne: dwa symetryczne względem siebie u podstawy komina oraz wlot czopucha na wysokości 5,5 m.



Rys 2.
Budowa
komina żelbetowego

3.2 Technologia rozbiórki kominów murowanych i żelbetowych metodą wybuchową

Wybór sposobu likwidacji komina przy użyciu materiałów wybuchowych zależy od rodzaju materiału konstrukcyjnego, posiadanych środków oraz czasu przeznaczanego na realizację prac rozbiórkowych.

Dla kominów murowanych są dwie możliwości niszczenia: powalenie kierunkowe lub w miejscu. W przypadku burzenia komina w miejscu należy skruszyć jego trzon na całym obwodzie, w pasie o wysokości min. $(2 \div 3) H$, przy czym H jest grubością płaszczu komina. Natomiast obalenie w wyznaczonym kierunku konstrukcji odbywa się poprzez dokonanie włomu o długości $(\frac{2}{3} \div \frac{3}{4})$ długości obwodu i wysokości

równej $(2 \div 3)$ grubości ściany na wysokości strefy wybicia.[1]

W przeciwieństwie do kominów murowanych, kominy żelbetowe mogą być niszczone tylko przy wykorzystaniu metody kierunkowego powalenia, wówczas prace strzałowe polegają na wybitiu materiału konstrukcyjnego w obrębie podpory przedniej o długości min. $\frac{2}{3}$ długości obwodu i wysokości pasa zapewniającego wyboczenie pionowych

prętów zbrojenia, czyli minimum $(3 \div 4)$ grubości ściany na wysokości strefy wybicia. [1]

W celu kierunkowego powalenia komina murowanego jak i żelbetowego wyznaczono podstawowe parametry strefy włomu, czyli długość i wysokość równą odpowiednio dla komina murowanego 16,2 m i 2,2 m oraz dla żelbetowego 14,5 m i 1,7 m. Jako materiał do prac strzałowych przyjęto ładunki nitroestrowe typu ERGODYN 22E (komin żelbetowy) oraz z heksogenu zwilżonego (komin murowany) pakietowane na budowie. Dla komina murowanego w celu całkowitego skruszenia materiału w obrębie włomu przyjęto 49 ładunków o łącznej masie 6,37 kg rozłożonych w 3 rzędach, natomiast w przypadku komina żelbetowego 167 ładunków o masie całkowitej 10 kg, rozłożonych w 5 rzędach.

4. STREFY ZAGROŻENIA PRZY WYBURZANIU KOMINA – ODDZIAŁYWANIE WYBUCHU

Zgodnie z [5] należy sprawdzać strefę zagrożenia dla ludzi ze względu na działanie PFU i rozrzut odłamków oraz strefę zagrożenia dla obiektów budowlanych mając na uwadze działanie fali parasejsmicznej.

4.1 Oddziaływanie powietrznej fali uderzeniowej

Podczas detonacji MW powstają gazy postrzałowe, o bardzo dużym ciśnieniu początkowym, które w wyniku wykonanej „pracy” (kruszenia materiału elementu konstrukcyjnego) przedostają się do atmosfery ze znaczną prędkością powodując generację powietrznej fali uderzeniowej, której rozprzestrzenianie może prowadzić do uszkodzenia obiektów przyległej zabudowy.

Wartość nadciśnienia na czole fali uderzeniowej w analizowanym przypadku określono korzystając ze wzoru R. Gustawsona:

$$\Delta p = 70 \cdot \frac{\sqrt[3]{\frac{C}{150}}}{r} \quad (4.1)$$

gdzie:

Δp – nadciśnienie fali [kPa],

C – masa ładunku w równoważniku TNT [kg] (założono najbardziej niekorzystny wariant tzn. taki gdzie ładunki włomowe są odpalane w jednej serii)

r – odległość od osi ładunku [m].

Obliczone wartości nadciśnienia na czole fali nie powinny przekraczać wielkości dopuszczalnych [1].

Promień strefy niebezpiecznej ze względu na negatywne oddziaływanie można wyznaczyć korzystając z poniższego wzoru:

$$r_f = k_f \cdot C^n \quad (4.2)$$

gdzie:

$n = \frac{1}{3}$ przy wyznaczeniu strefy ze względu na ludzi, oraz $n = \frac{1}{2}$ dla obiektów

budowlanych,

$k_f = 15$ przy wyznaczeniu strefy zagrożenia ze względu na ludzi, a w przypadku obiektów budowlanych $k_f = 3$ [1].

Strefa zagrożenia dla ludzi wyniosła 28 m dla komina murowanego i 32 m dla komina żelbetowego. Strefa zagrożenia dla obiektów budowlanych wyniosła 8 m dla komina murowanego i 9,5 m dla komina żelbetowego.

4.2 Rozrzut odłamków

Precyzyjne określenie strefy rozrzutu jest praktycznie niemożliwe ze względu na trudność oszacowania parametrów odłamka (wielkość, kształt, prędkość itp.) do określenia strefy niebezpiecznej można przyjąć maksymalną odległość rozrzutu odłamków żelbetowych równą 350 m [1,7], bądź też posłużyć się zależnością wykorzystywaną przy prowadzeniu prac strzałowych w gruntach i skałach:

$$L = 140 \cdot n\sqrt{h} \quad [\text{m}] \quad (4.3)$$

gdzie:

$n = 1$ – dla ładunków o normalnej sile działania [1],

h – odległość mierzona od środka ładunku do najbliższej powierzchni swobodnej [m].

W zależności od wielkości parametru h strefy niebezpieczne wynoszą odpowiednio:

- dla komina murowanego 59 m,
- dla komina żelbetowego 90 m.

Rozrzut eliminuje się przez zastosowanie specjalnych osłon w miejscu założenia ładunków. Zabezpieczenia te mogą być wykonane z: mat słomianych, waty szklanej, siatki ogrodowej o oczkach nie większych niż 50 mm, worków z piaskiem, desek lub innych materiałów.

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy wykorzystania do rozbiórki kominów murowanych i żelbetowych różnych technik wyburzeniowych stwierdzono, że nie wszystkie omówione metody prowadzenia prac mogą być stosowane jako wiodące przy likwidacji wyżej wymienionych konstrukcji. Nie można natomiast jednoznacznie stwierdzić, że któraś technologia jest całkowicie nieprzydatna, ponieważ często tego rodzaju prace wymagają zastosowania metody kombinowanej tak jak w przypadku omawianego komina żelbetowego (rozbiórka metodą strzałową została uzupełniona technologią mechaniczną). Dlatego też przez wzgląd na skomplikowaną budowę, oraz duże wysokości kominów i przyległą zabudowę niezbędnym jest indywidualne podejście do każdej likwidowanej konstrukcji.

Analiza literatury przedmiotu, oraz porównanie aktualnie stosowanych technologii wyburzeniowych, pozwala na stwierdzenie, że wykorzystanie do rozbiórki kominów materiałów wybuchowych, jest metodą bezpieczną, szybką oraz tańszą w porównaniu z technikami tradycyjnymi, a określenie stref zagrożenia umożliwia odpowiednie dobranie osłon przeciwołamkowych i zabezpieczenie przyległej zabudowy.

Literatura

1. Krzewiński R., Rekucki R., *Roboty budowlane przy użyciu materiałów wybuchowych*, Oficyna Wydawnictwo Polcen, Warszawa 2005.
2. Lewicki J., Krzyworączka P., Batko P., Morawa R., *Sposoby zwiększenia pewności kierunkowego obalania kominów*, *Górnictwo i Geoinżynieria*, Zeszyt 3/1, 2004.
3. Lewicki J., Krzyworączka P., Batko P., *Nietypowe sposoby wybuchowej likwidacji wysokich obiektów żelbetowych*, *Górnictwo i Geoinżynieria*, Zeszyt 3/1, 2004.
4. Łakomy M., *Budownictwo prace rozbiórkowe*, Państwowa Inspekcja Pracy, Warszawa 2012
5. Niedziałek M., *Technologia realizacji prac rozbiórkowych kominów murowanych i żelbetowych*, praca magisterska pod kierownictwem dr inż. Romana Krzewińskiego, Warszawa 2014
6. A. Baryłka, *Podstawy inżynierii bezpieczeństwa obiektów antropogenicznych*. Przegląd Spawalnictwa Nr 3/2015.
7. A. Baryłka, J. Baryłka, *Wpływ przepisów prawa na kształtowanie bezpieczeństwa obiektów budowlanych*. XIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Technicznej nt. „Eksploatacja Infrastruktury w Sytuacjach Kryzysowych. Warszawa, Rynia, 18-20.10.2004.
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie rozbiórki obiektów budowlanych metodą wybuchową (Dz. U. Nr 120, poz. 1135).