

Józef Lewicki, Paweł Batko*, Paweł Krzyworączka**

NIETYPOWE SPOSOBY WYBUCHOWEJ LIKWIDACJI WYSOKICH OBIEKTÓW ŻELBETOWYCH

1. Wprowadzenie

W czasie prowadzenia prac wyburzeniowych z zastosowaniem materiałów wybuchowych zdarzają się zadania wyjątkowo trudne. Ma to swoje źródło w nietypowej budowie obiektu, sytuacji terenowej, powiązaniach obiektu wyburzanego z obiektami chronionymi albo w negatywnych oddziaływaniach upadku obiektu wysokiego. Zwykle w takiej sytuacji istnieje możliwość znalezienia poprawnego rozwiązania [6]. Znalezienie rozwiązania optymalnego w danej sytuacji zależy głównie od doświadczenia i wiedzy projektanta. Koncepcja wykonania zadania („wiem jak”) bywa czasem wynikiem olśnienia, czasem jest efektem wielu konsultacji i żmudnego składania optymalnego rozwiązania z wielu elementów. W artykule przytoczono cztery rozwiązania charakterystyczne dla różnych sytuacji, trzeba bowiem powiedzieć, że nie ma takiej uniwersalnej metody, której można by nauczyć, aby każdy stosujący ją projektant bez większych problemów znalazł właściwe rozwiązanie. Te przykłady mają zwiększyć nieco poziom wiedzy i wykazać, że niewykonalne z pozoru staje się wykonalne po odpowiednim podejściu do zagadnienia.

Zwykle jednym z najistotniejszych czynników decydujących o powodzeniu zadania jest umiejętność zmniejszenia gęstości energii przekazywanej otoczeniu przypadającej na jednostkę czasu.

2. Sposoby zmniejszania ilości energii przekazywanej otoczeniu

Często, szczególnie przy obalaniu kominów, energia upadku jest największym zagrożeniem dla otoczenia. Minimalizacja tego zagrożenia możliwa jest przez:

- stosowanie wałów i nasypów,
- wykorzystanie płyt łamiących,

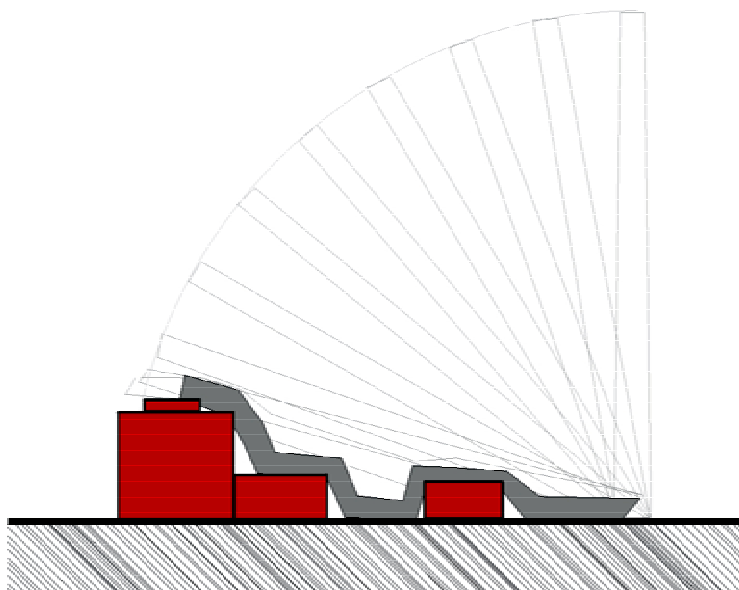
* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

- stosowanie rowów przeciwsejsmicznych,
- skracanie komina,
- zderzanie mas na wysokości,
- składanie komina w dwu lub więcej częściach z zastosowaniem włomów przeciwnastawnych,
- rozcinanie komina płaszczyzną pionową i obalanie komina w częściach,
- obalanie komina na obiekty przeznaczone do likwidacji w następnej kolejności.

Jak widać, istnieje znaczna liczba metod walki z tym zagrożeniem. Jedne z nich (najprostsze) zostaną przedstawione na rysunkach, inne będą omówione na przykładach, jeszcze inne zaprezentowane jako studium do praktycznego sprawdzenia.

2.1. Obalanie na obiekty likwidowane

W celu zmniejszenia drgań wywołanych upadkiem komina stosuje się jego powalanie na istniejące budynki, będące również obiektami do likwidacji (rys. 1). Budynki te muszą być wcześniej odpowiednio przygotowane na upadek komina.

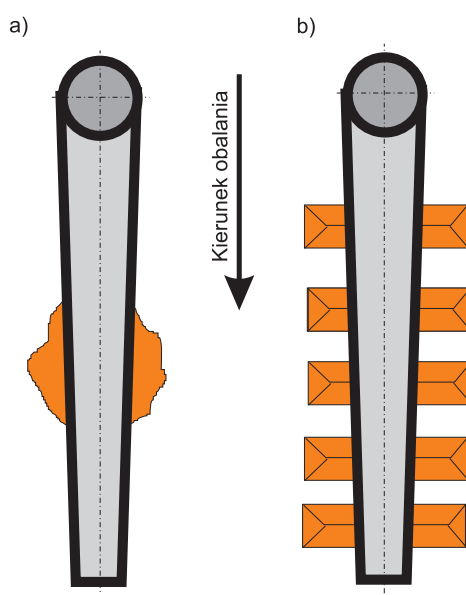


Rys. 1. Obalanie komina na likwidowane obiekty

W momencie uderzenia komina w pierwszy obiekt komin zacznie pękać. Następnie komin będzie zawijał się na obiektach, na które będzie obalany. Następuje niemal całkowita utrata energii kinetycznej komina na skutek miażdżenia jego ścian i — w mniejszym stopniu — obiektów, na które pada.

2.2. Stosowanie wałów przeciwsejsmicznych

Innym środkiem mającym istotny wpływ na zmniejszenie drgań wywołanych upadkiem komina lub innych obiektów wysokich jest stosowanie wałów przeciwsejsmicznych (rys. 2). Jest to bardzo skuteczna metoda ograniczania amplitudy drgań. Wały są łatwe do wykonania i stosunkowo mało kosztowne. Ich ilość zależy od prognozy wielkości drgań oraz od obecności obiektów chronionych, ich charakteru i odległości od miejsca upadku wyburzanego obiektu. Bardzo często jedynym wałem przeciwsejsmicznym jest gruz powstały w czasie prac przygotowawczych do obalania, celowo składowany na kierunku obalania, w miejscu największego wyładowania energii (rys. 2a). Jednak gdy wały mają być podstawowym elementem zabezpieczającym przed drganiami, należy wykonać ich kilka (rys. 2b), usytuowanych poprzecznie do kierunku padania.



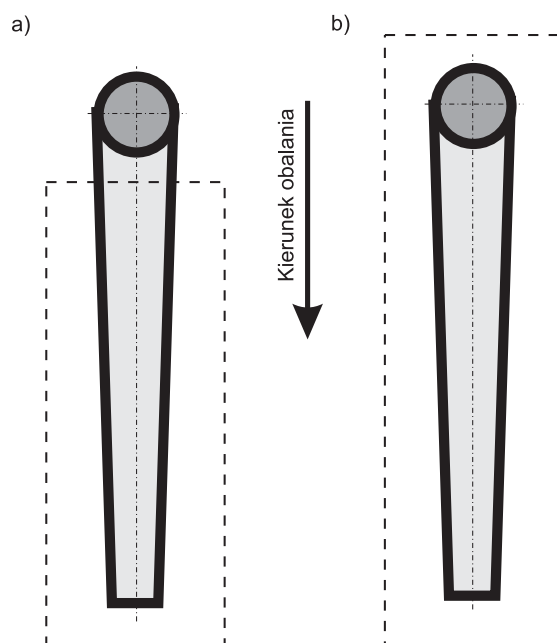
Rys. 2. Zastosowanie wałów do amortyzacji upadku komina

2.3. Stosowanie rowów przeciwsejsmicznych

Rów przeciwsejsmiczny jest dylatacją wykonaną w gruncie wokół miejsca upadku wyburzanego obiektu (rys. 3). Jeśli detonacja ładunków MW we włomie obalającym nie stanowi zagrożenia (jeśli chodzi o drgania), to wystarczy wykonać rów jak na rysunku 3a. Natomiast jeśli detonacja może wywołać znaczące drgania, należy wykonać dylatację również wokół podstawy komina (rys. 3b).

Głębokość rowu przeciwsejsmicznego musi być większa od głębokości posadowienia fundamentu obiektu chronionego. W praktyce stosuje się dylatacje maksymalnie dwukrotnie głębsze od głębokości posadowienia fundamentów obiektu chronionego. Stworzenie dylata-

cji powoduje, że najbardziej szkodliwe fale powierzchniowe przemieszczające się w gruncie ulegają odbiciu i załamaniu, a tym samym amplituda fal przechodzących znacznie maleje. Ocenia się, że takim sposobem wytraca się 40÷60% energii szkodliwej.



Rys. 3. Rowy przeciwejsmiczne

2.4. Stosowanie płyt łamiących

Zwykle stosować można płyty drogowe, ustawione prostopadle do powierzchni terenu oraz prostopadle do osi komina (określonej po jego upadku). Płyty takie ustawia się na planowanym kierunku upadku komina żelbetowego, na całej jego długości, w odstępach kilkumetrowych. Uderzenie komina w płyty spowoduje dezintegrację komina przy niewielkich uszkodzeniach płyt i niewielkim stopniu przeniesienia energii na grunt. Obliczenia prognostyczne wykonane dla wieży węglowej [3] wskazują, że amplituda drgań wygenerowanych upadkiem na płyty łamiące będzie dwukrotnie mniejsza niż przy bezpośrednim upadku na zwięzłe podłoże.

2.5. Składanie komina

Na podstawie analizy wytrzymałości nośnego trzonu komina żelbetowego można ocenić, czy obalanie komina żelbetowego z zastosowaniem kilku włomów (składanie) jest możliwe i racjonalne.

Składanie komina żelbetowego jest ideą bardzo atrakcyjną z kilku powodów:

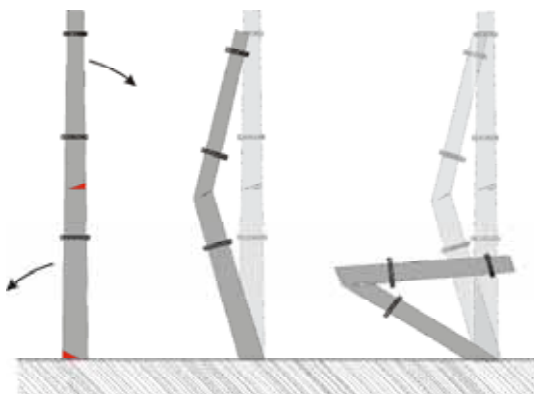
- co najmniej dwukrotnie zmniejsza się zasięg upadku;
- znaczna ilość energii ulega wytraceniu na destrukcję komina;
- rozkład momentów sił jest korzystny dla dynamiki upadku.

Metoda ta wymaga jednak:

- stosowania strzałań i prac przygotowawczych na wysokości (najlepiej na poziomie galerii — jeżeli takie istnieją);
- zabezpieczenia wyższej części komina przed „cofnięciem” i upadkiem w nieprzewidywanym kierunku;
- analizy zachowania się w czasie poszczególnych elementów komina, a zatem i precyzyjnego planowania opóźnień zapalników w poszczególnych włomach (odpalanie włomów kolejno od góry).

Można stosować naciągi linowe wspomagające ruch poszczególnych części komina w zaplanowanych kierunkach. Liny te muszą tworzyć jedną płaszczyznę, w której komin będzie się składał.

Należy stosować włomy przeciwstawne, to jest taki sposób strzelania, w którym sąsiadujące ze sobą włomy skierowane są w przeciwne strony. Ideę tej metody pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Idea składania komina żelbetowego

3. Wybrane rozwiązania praktyczne

3.1. Wielkośrednicowy zbiornik węgla surowego w KWK „Morcinek” w Kaczycach

Zbiornik węgla surowego w KWK „Morcinek” [1] miał charakterystyczną budowę. Składał się z dwóch głównych elementów:

- 1) zadaszonego cylindra żelbetowego o średnicy 21,6 m i wysokości 31,8 m, posiadającego odrębne fundamentowanie;

- 2) wewnętrznego „tłoka” wspartego przez grube elementy żelbetowe o wysokości 6 m, na niezależnym, potężnym fundamencie żelbetowym; z tłoka tego systemem trójkątnych belek wydzielono 6 lejów zasypowych wspartych na belce podłużnej o boku 5 m i na dwóch belkach poprzecznych o boku około 3 m.

Zabudowa tłoka z lejami sięgała + 15,4 m nad poziom terenu. Tłok od cylindra oddzielony był warstwą supremy nie przenoszącej obciążeń.

Na zbiorniku cylindrycznym zabudowano kratownicowy (stalowy) system transportowy ustawiony poprzecznie do głównej belki trójkątnej. Dwuteowniki tego systemu były równocześnie układem nośnym dachu. W konsekwencji w jednym funkcjonalnym obiekcie istniały trzy systemy, powiązane ze sobą w różnoraki sposób:

- 1) tłok z osobnym fundamentowaniem,
- 2) cylinder z osobnym fundamentowaniem,
- 3) układ transportowy będący systemem nośnym dachu opartego na cylindrze.

Wysokość systemu transportowego wynosiła prawie 10 m, a wysokość całego obiektu — 41,2 m. Budowę obiektu pokazano na rysunku 5. Cały obiekt miał masę około 6 tys. Mg, z tego kratownica stalowa szacowana była na około 500 Mg. W zbiorniku pozostało około 1 tys. Mg węgla.

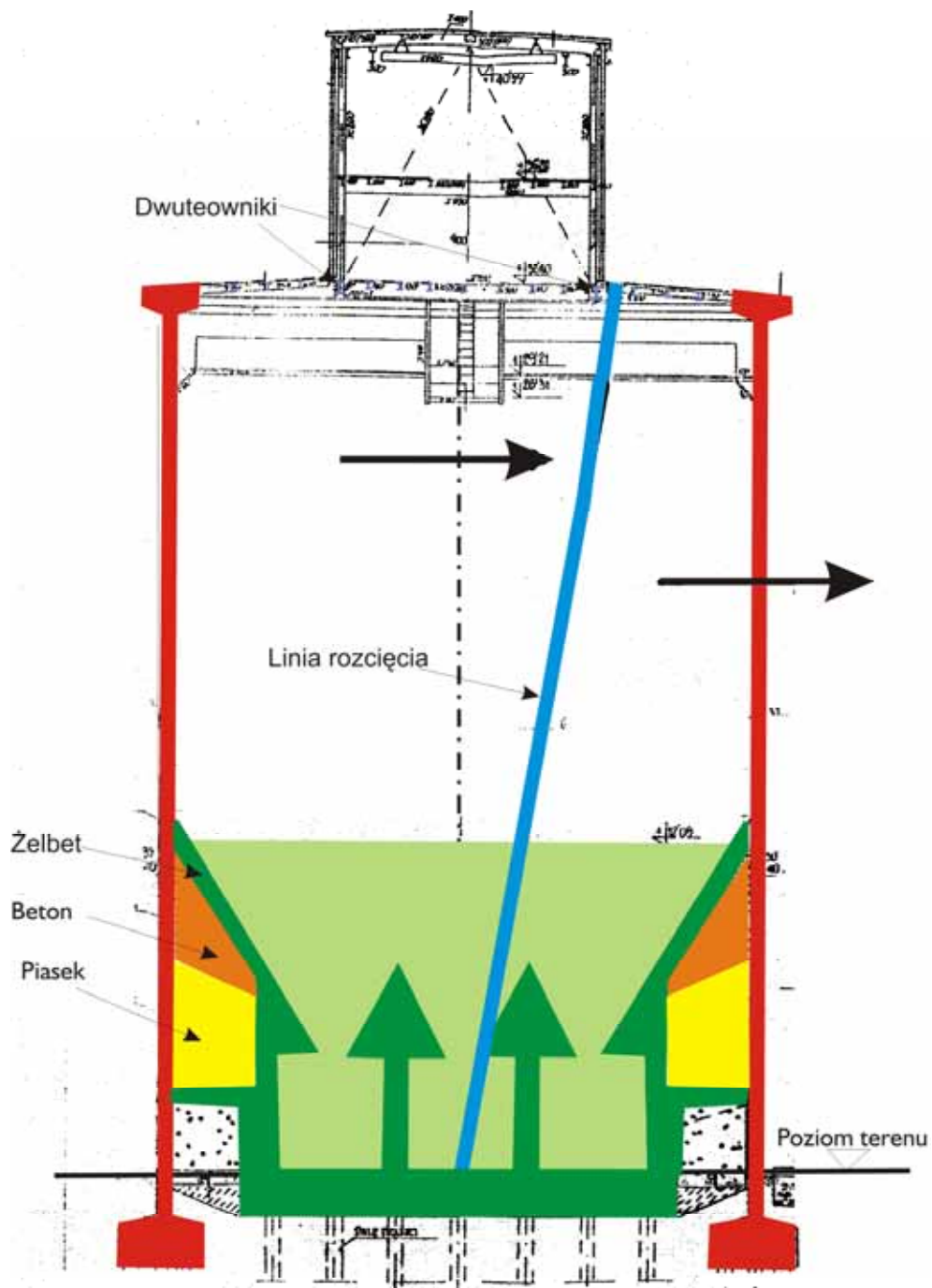
Cylinder posiadał ściany żelbetowe, do wysokości 12 m, o grubości 40 cm, a wyżej o grubości 30 cm, i dwuwarstwowe zbrojenia obwodowe (wewnętrzne i zewnętrzne) o średnicy prętów 32 mm, rozmieszczonych co 8÷10 cm.

Obalenie zbiornika przy tak niekorzystnym rozkładzie wymiarów nie było możliwe również z tego względu, że wewnętrzny „tłok” nie pozwalał na jakiegokolwiek przechylenie w bok całości obiektu. Rozwiązanie musiało więc obejmować następujące działania:

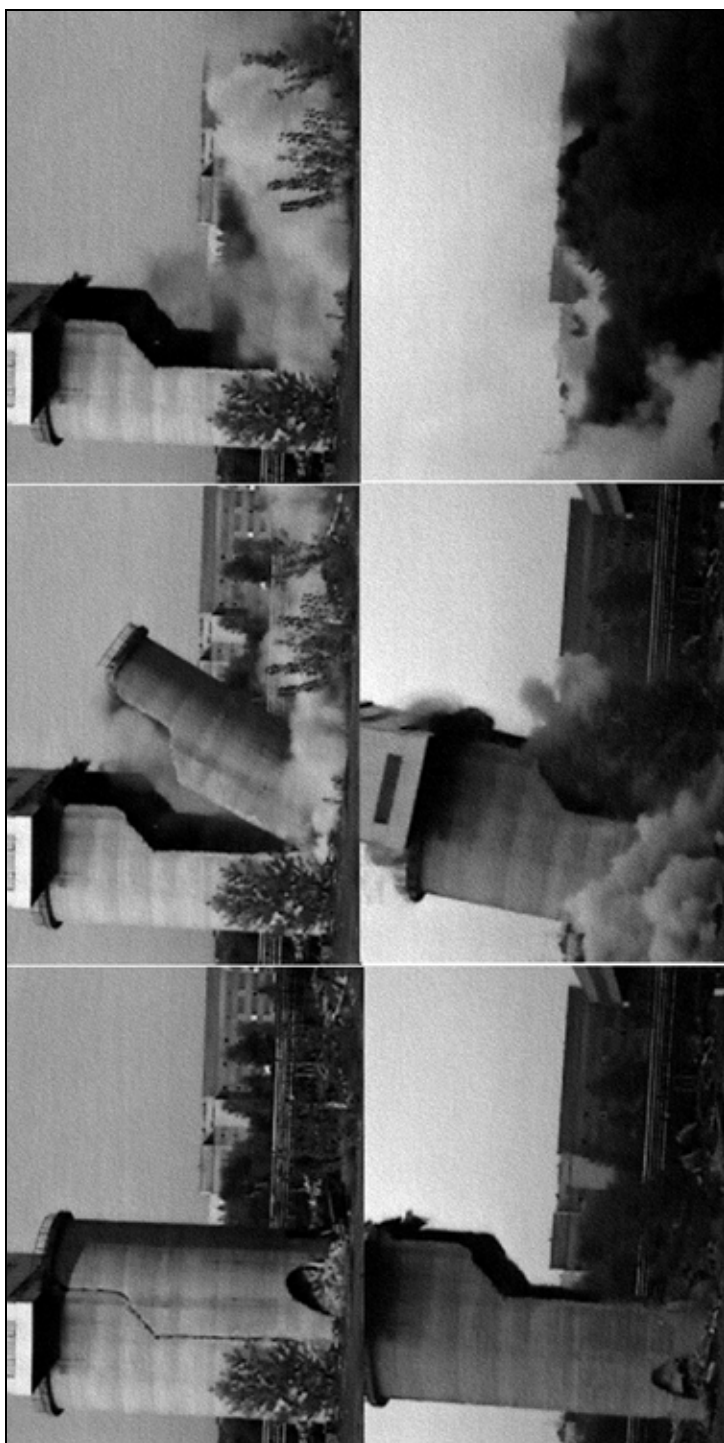
- otwarcie płaszcza (cylindra) na dole;
- usunięcie piasku wypełniającego przestrzeń pomiędzy cylindrem a tłokiem w dolnej przestrzeni zbiornika;
- sukcesywne wyburzenie wewnętrznych elementów żelbetowych („tłoka”) ładunkami w otworach poziomych i zwalenie całego żelbetu na poziom terenu (ale wewnątrz cylindra zbiornika węgla);
- ewentualne usunięcie gruzu z wnętrza cylindra;
- rozcięcie powierzchni bocznych cylindra wzdłuż wyznaczonych linii, przepalenie zbrojeń;
- rozcięcie dachu bez naruszania jego stateczności i stateczności systemu załadowniczego;
- obalenie wybuchowe I części zbiornika;
- obalenie wybuchowe II części zbiornika z równoczesnym obaleniem konstrukcji kratownicowej systemu transportowego na poziom terenu.

Po wykonaniu prac przygotowawczych, trwających wiele tygodni, obalenie obu części zbiornika wykonano w tym samym dniu, w odstępie dwóch godzin.

Koncepcję wyburzenia przedstawiono na rysunku 5, wykonanie — na rysunku 6.



Rys. 5. Budowa zbiornika węgla surowego w KWK „Morcinek”. Koncepcja likwidacji



Rys. 6. Wybuchowa likwidacja zbiornika węgla surowego w KWK „Morcinek”

3.2. Komin w Elektrowni „Jaworzno I”

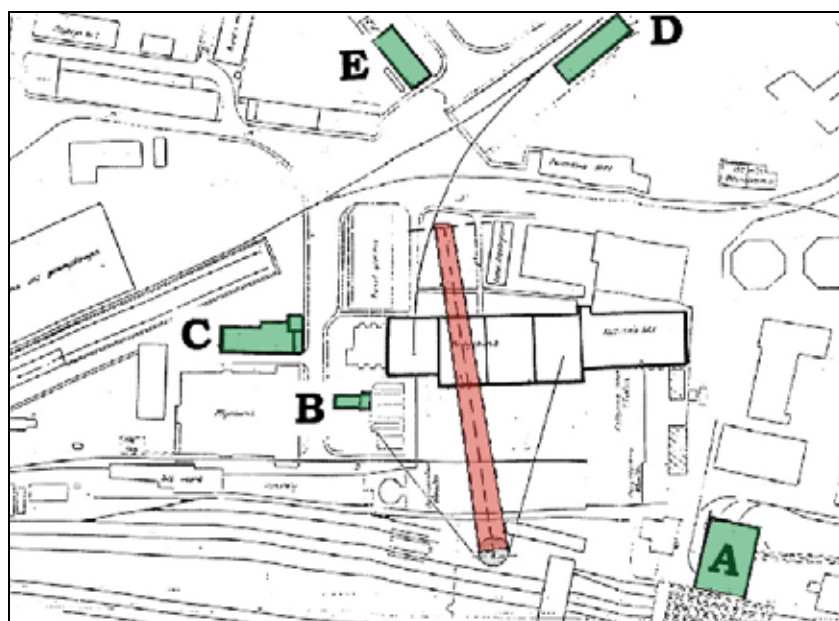
Komin w Elektrowni „Jaworzno I” miał pierwotną wysokość 152,5 m. Zakładano jego ręczną rozbiórkę, jednakże po skróceniu go o 12,5 m (4,67% całkowitej masy komina) wyzerpano 80% środków i stało się jasne, że tą metodą zadania wykonać się nie da. Ponadto, celem zrzucania urobku do wnętrza i jego ewakuacji zlikwidowano żelbetowy strop pośredni znajdujący się na 10. metrze wysokości komina i rozcięto płaszcz dla wjazdu ładowarki. Wjazd ten miał znaczne rozmiary (5 m wysokości) i naruszał ewentualną stopę podporową (dla przypadku powalania metodą strzałową). Ponadto w pobliżu znajdowały się czynne obiekty i urządzenia Zakładu Górniczego (szyb „Helena”, dyfuzor, rozdzielnia, kabel zasilający), budynek Elektrowni, prywatny fitness-klub, ulice Sportowa i Krakowska. Naruszona budowa komina, bliskość obiektów chronionych, znaczna masa obiektu, niekorzystny stosunek wytrzymałości stopy podporowej do ciężaru komina (zaledwie 3,17 — co groziło znacznym siadaniem komina) powodowało, że zadanie było bardzo trudne. Komin musiał nie tylko precyzyjnie upaść, ale i wygenerowane upadkiem drgania nie powinny stanowić zagrożenia dla bardzo blisko znajdujących się obiektów (najbliższy obiekt chroniony — dyfuzor, znajdował się w odległości zaledwie 40 m od komina). Sytuację terenową pokazano na rysunku 7.

Rozwiązanie problemu [2] zawierało następujące czynności:

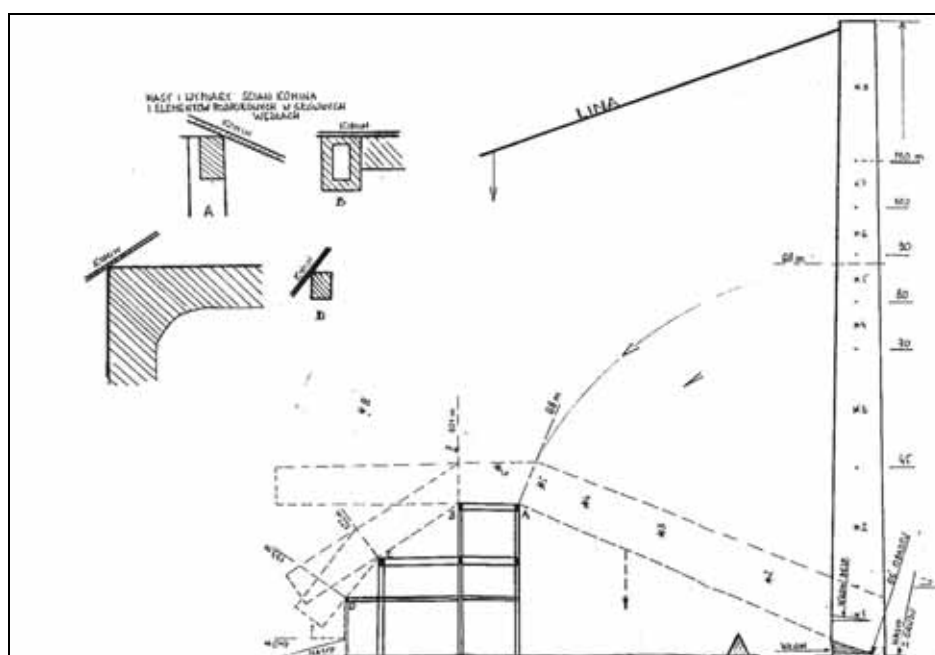
- podsypanie gruzem komina (wewnątrz i zewnątrz) do wysokości 5 m, aby wyeliminować wpływ rozcięcia transportowego na precyzję upadku;
- zderzenie mas w trakcie padania, celem wytracenia energii. W tym celu należało komin powalić na fragment likwidowanej maszynowni (o wysokości 32 m i długości fragmentu 32 m), strzelanie której powinno być tak zaplanowane i skoordynowane, aby komin uderzał w maszynownię, zawijał się na niej i dopiero w tym momencie powinna zostać strzelona sama maszynownia (założone wcześniej ładunki MW uzbrojone zapalnikami półsekundowymi), aby padała razem z resztkami komina. Ponieważ maszynownia miała bardzo mocną konstrukcję i przekrój poprzeczny 32×32 m — była obiektem niemal niemożliwym do obalenia jedną serią ładunków, jednakże zastosowanie zapalników półsekundowych z odpowiednim rozplanowaniem opóźnień i wygenerowaniem odpowiednich momentów sił spowodowało, że zadanie to było wykonalne.

W miejscu, w którym komin padał na maszynownię, jej fragment miał szerokość zaledwie $11 \div 14$ m (przy wymiarach pozostałych 32×32 m), zaś średnica komina w tym miejscu wynosiła ponad 8 m. Zboczenie komina od wyznaczonego kierunku groziło katastrofą (naruszeniem stateczności obiektów likwidowanych w dalszej kolejności).

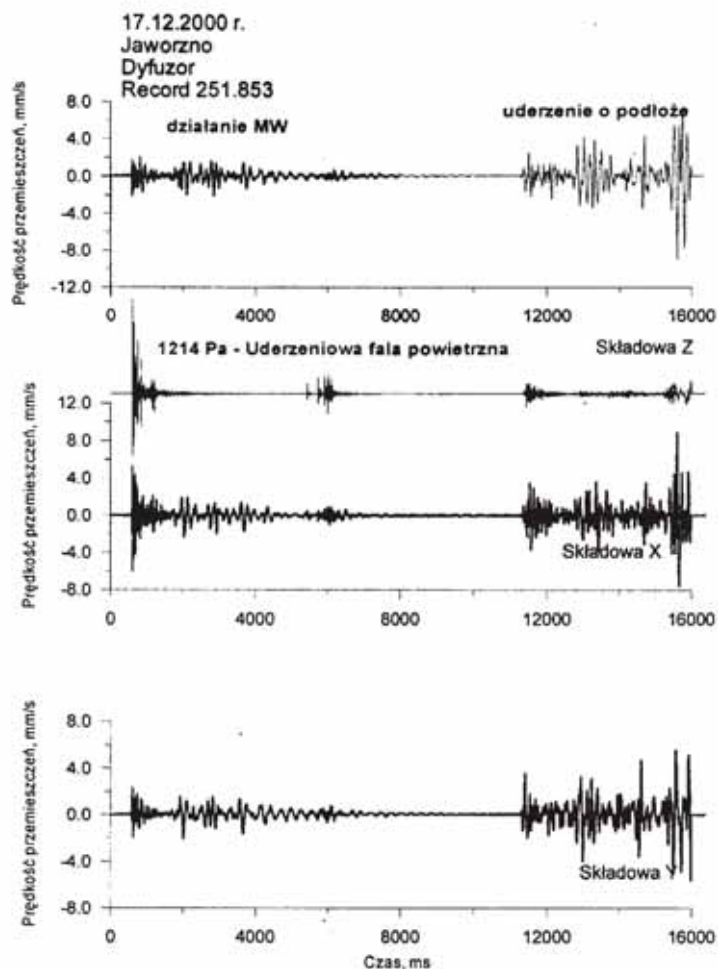
Wiedząc, że mały stosunek wytrzymałości stopy podporowej do ciężaru komina spowoduje siadanie komina, zastosowano linę naciagową oraz drugi włom (włom bezpieczeństwa), posiadający dokładnie ten sam kierunek, jednak zlokalizowany 5 m nad włodem podstawowym i odpalany z kilkusekundowym opóźnieniem. Zadanie wykonano 17 grudnia 2000 roku. Przebieg realizacji zadania był zgodny z założeniami, skutki oddziaływania zaś zgodne z prognozami. Szkic sytuacji terenowej i ideę obalania komina z równoczesnym zmniejszeniem negatywnych skutków upadku pokazano na rysunkach 7 i 8, zaś oddziaływanie na otoczenie (dyfuzor, obiekt najbliższy) — na rysunku 9.



Rys. 7. Komin Jaworzno I — szkic sytuacji terenowej



Rys. 8. Koncepcja minimalizacji zagrożeń drganiem pochodzącymi od upadku



Rys. 9. Oddziaływanie strzelania i upadku komina na dyfuzor

3.3. Komin w Elektrowni „Pątnów”

Komin w Elektrowni „Pątnów” posiadał pierwotną wysokość 200 m, masę około 7800 Mg, średnicę u podstawy 14,2 m, grubość ścianek u podstawy 0,6 m i poczwórną powłokę zbrojową (4 warstwy zbrojeń). W pobliżu znajdowały się (rys. 10):

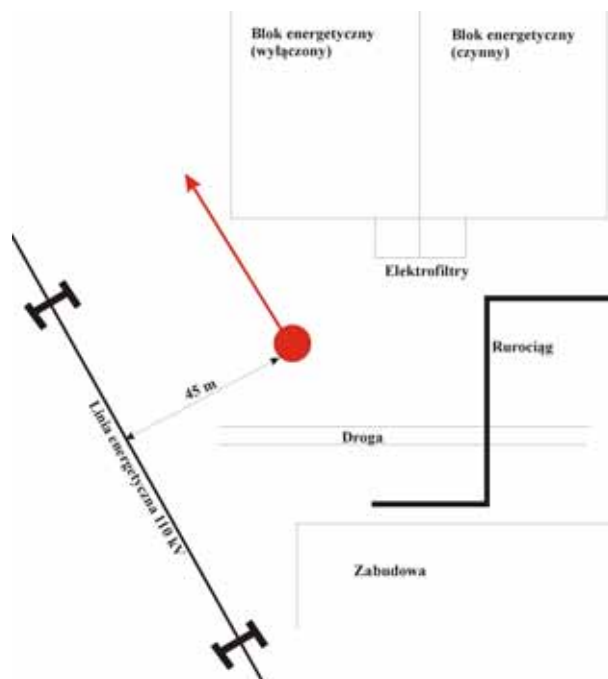
- linia napowietrzna 110 kV (około 45 m),
- elektrofiltry (40 m),
- czynny II blok energetyczny (50÷100 m; bliższy i dalszy kraniec),
- droga wewnętrzna (8 m),
- likwidowany I blok energetyczny (35 m).

Likwidacja komina początkowo odbywała się z zastosowaniem strumienia wody pod wysokim ciśnieniem. Na kominie zabudowano 4 pionowe listwy transportowe, na których osadzono maszyny do cięcia żelbetu strugą wody, rozcinane kawałki (po przepaleniu zbrojeń) zrzucano do wnętrza komina. Kiedy skracanie doszło do 57 m wysokości, a grubość ścianek do 45 cm, okazało się, że dalsza praca jest bardzo trudna, postęp niewielki, a wszystkie terminy są istotnie zagrożone.

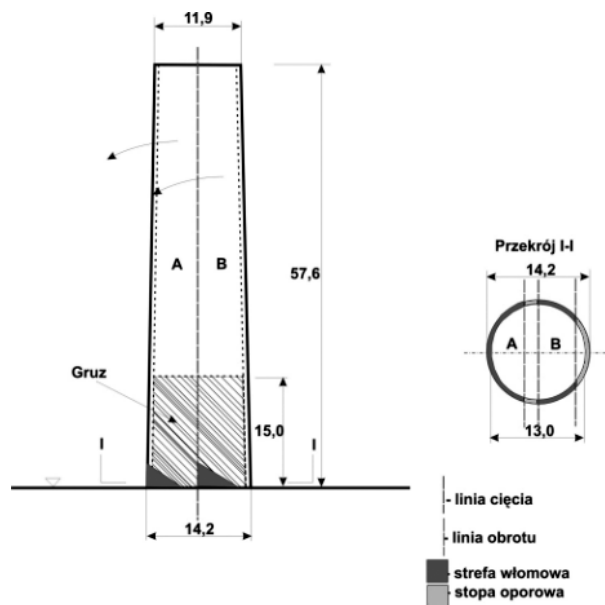
Wykonawca wyburzenia spodziewał się bardzo wysokich kar umownych. Ponadto gruz we wnętrzu komina sięgał już 15 m, a pozostało jeszcze około 3100 Mg masy komina do usunięcia. We wnętrzu komina gruz był ubity, zmoczony i zamrożony, tworząc wewnętrzny, silny trzpień utrudniający w przyszłości dalszą rozbiórkę. Zleceniodawca (Elektrownia „Pątnów”) początkowo nie wyrażał zgody na jakiegokolwiek strzelania, bowiem wychodził ze słusznego zresztą założenia, że strzelanie u podstawy z istniejącym tak potężnym trzpieniem wewnętrznym może komin zawiesić, strzelanie zaś na wysokości może spowodować „zjecha- nie” komina i niekontrolowany upadek w dowolną stronę. Ponadto obawiano się drgań pochodzących od upadku znacznej masy (maksymalnie 3100 Mg) i ich wpływu na pracującą w bloku nr II turbinę. Zleceniodawca podał również, że dopuszczalna prędkość drgań, ze względu na bezpieczeństwo turbiny, wynosi 6 mm/s (można było przypuszczać, że drgania rzeczywiście szkodliwe są na znacznie wyższym poziomie), natomiast według prognoz upadek komina generował drgania większe od formalnie dopuszczalnych. Obawy były uzasadnione również i tym, że w przeszłości (na Słowacji) zdarzyła się wielka awaria turbiny, do której dotarły drgania przekraczające dopuszczalny poziom. Turbina się rozpadła i cały blok energetyczny został zniszczony. Aby przekonać zleceniodawcę do metody strzałowej, należało znaleźć sposób likwidacji eliminujący wszystkie zastrzeżenia i przekonać do tej metody wykonawcę wyburzenia. Rozwiązanie okazało się zaskakująco proste [4], wymagało tylko nieszablonowego podejścia do zadania.

Wykorzystując istniejące listwy transportowe i urządzenia do cięcia betonu wodą, zaproponowano podzielenie komina odpowiednio wyznaczoną płaszczyzną pionową tak, aby każda z dwóch mniej więcej równych części była samodzielna statycznie, poza tym by mogła padać w wyznaczonym, ściśle określonym kierunku, tym samym dla obu części komina. Zaletą tego sposobu było to, że po upadku pierwszej części komina cały trzpień wewnętrzny był odsłaniany i mógł być usuwany mechanicznie z ewentualnym wspomaganie robotami strzałowym (wysokość trzpienia 15 m i średnica 13,0 m) (rys. 11).

Po usunięciu wewnętrznego (odsłoniętego pierwszym strzelaniem) trzpienia — druga część komina mogła być obalona w tym samym kierunku co pierwsza. Dla takiej koncepcji wykonania zadania obliczono prognozowaną prędkość drgań pochodzących od upadku 1550 Mg. Prognoza wynosiła 5,8 mm/s, co zleceniodawca przyjął z ulgą (mówiąc o 6 mm/s miał pewną rezerwę bezpieczeństwa) i wyraził zgodę na taki sposób dokończenia likwidacji komina. Po rozcięciu płaszcza komina płaszczyzną pionową i przepaleniu zbrojeń obalono I część (24 listopada 2001 roku), następnie II część (2 grudnia 2001 roku). Pomierzona prędkość drgań wynosiła odpowiednio 5,5 mm/s i 5,6 mm/s, a obie części komina padły w ściśle wyznaczonym kierunku, bez jakichkolwiek szkód w otoczeniu.



Rys. 10. Komin w Elektrowni „Pątnów” — szkic sytuacji terenowej

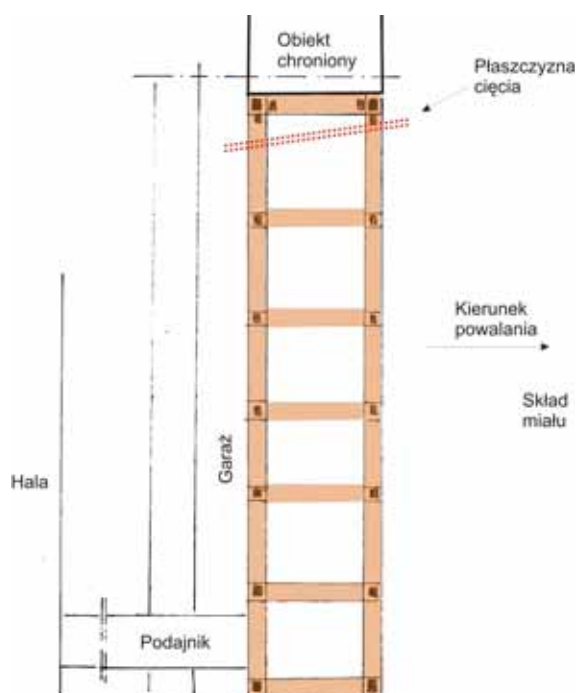


Rys. 11. Schemat obalania komina w Elektrowni „Pątnów”

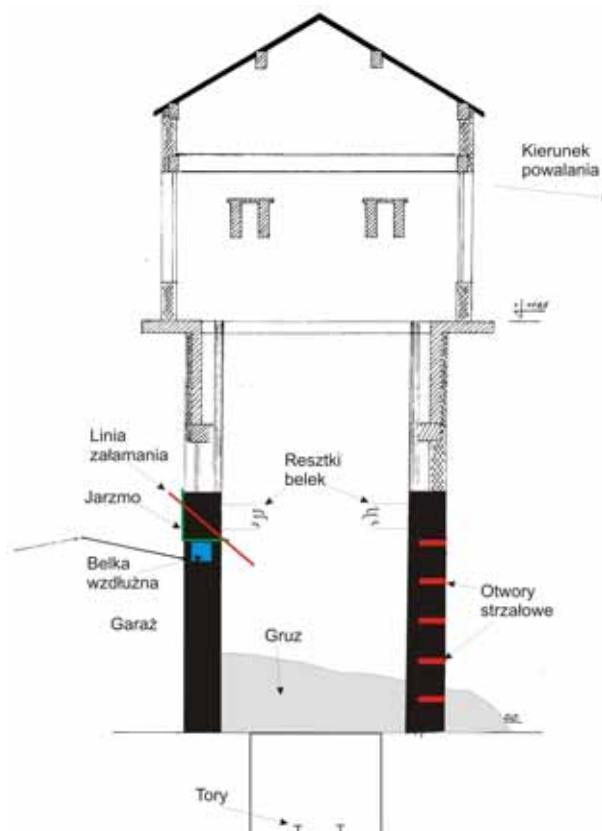
3.4. Zbiorniki węgla w EC „Szombierki”

Zbiorniki węgla wraz z systemem dostawy i odstawy posiadały budowę pokazaną na rysunkach 12 i 13. Zbiorniki miały szkielet żelbetowy o konstrukcji słupowo-belkowej, z wypełnieniem ścian cegłą, grubość murów 50 cm. Charakterystyczną cechą zbiorników było powiązanie z obiektami chronionymi oraz istnienie czynnego tunelu transportowego znajdującego się pod zbiornikami. Tunel ten musiał funkcjonować w bardzo krótkim czasie po wykonaniu strzelań. Obiekt miał wysokość około 22 m, szerokość 7 m i długość 37 m. Poza tym istniały następujące uwarunkowania:

- dłuższa ściana zbiornika od poziomu 0,0 m do poziomu + 4,0 m była wspólna ze ścianą chronionego garażu (wspólne słupy żelbetowe i wspólna wymurówka ceglana);
- krótszym bokiem zbiornik opierał się o czynny obiekt ciepłowni, z braku dylatacji pomiędzy tymi budowlami istniała duża siła tarcia, która pełniła rolę sprzęgła ciernego i podczas próby obalenia wytwarzała duży moment siły (skręcającej zbiornik, co byłoby równorędne uszkodzeniu garażu);
- pod zbiornikiem, w tunelu, przebiegały tory kolejowe łączące zasilanie materiałowe zewnętrzne z obiektami ciepłowni. Tunel oddzielony był tylko ażurową kratką, wystarczającą do bezpiecznego poruszania się ludzi, ale niewystarczającą do przyjęcia dynamicznego uderzenia zbiornika o masie 2 tys. Mg.



Rys. 12. Schemat budowy zbiorników węgla w EC „Szombierki”



Rys. 13. Koncepcja obalenia zbiorników węgla w EC „Szombierki”

Wszystkie trzy zasadnicze utrudnienia występowały łącznie i wszystkie musiały być razem całkowicie wyeliminowane. Złe rozwiązanie eliminacji któregośkolwiek z tych elementów zagrożeń prowadziło do katastrofy budowlanej.

Pamiętając o:

- działaniu sprzęgła,
- możliwości zawalenia tunelu,
- możliwości zerwania ściany wspólnej z garażem,
- możliwości cofnięcia się zbiornika podczas obalania,

zadanie rozwiązano, eliminując wymienione zagrożenia [5].

Dla uniknięcia działania sprzęgła zbiornik rozcięto pionową płaszczyzną ukośną (rys. 12), umożliwiającą ruch zbiornika w planowanym kierunku z wyeliminowaniem tarcia. Część zbiornika, która pozostała na styku ze ścianą obiektu EC „Szombierki”, wsparta była w sumie na 6 słupach rozmieszczonych w dwóch gniazdach po 3, posiadała samodzielność sta-

tyczną. Część ta obalona została w ciągu godziny po strzelaniu głównym. Obalenie nastąpiło w kierunku niemal prostopadłym do kierunku obalania głównego i niemal równoległym do ściany garażu — z lekkim odchyleniem od tej ściany. Tym sposobem sprzęgło cierne zostało wyeliminowane.

Dla uniknięcia zawalenia tunelu usypano wał z gruzu, który miał za zadanie przejąć dynamiczne obciążenie od upadku masy po wybuchowym rozbiciu słupów przednich wraz ze ścianą przednią. Obiekt, uzyskawszy dynamikę ruchu, uderzał w przygotowany nasyp i przemieszczał się w planowanym kierunku.

Dla uniknięcia złamania słupów wspólnych i zerwania ściany, 1 m nad poziomem ściany wspólnej (w linii okien) w słupach żelbetowych odsłonięto zbrojenia, przepalono je, wykonano otwory strzałowe ukośne, załadowano minimalnie i odpalono podczas strzelania głównego z niewielkim opóźnieniem. Spowodowało to powstanie linii podziału słupów; linia ta pozwoliła uniknąć sił przenoszonych na dolną, chronioną część słupów.

Dla uniknięcia cofania się zbiornika w pierwszej fazie po strzale (narastająca składowa pozioma) zastosowano jarzma stalowe oraz pozostawiono belki żelbetowe poprzeczne blokujące ruch wstecz w pierwszych dwóch sekundach po strzale. Uzyskana wówczas dynamika ruchu (znaczna siła pozioma w stosunku do masy obiektu) spowodowała, że zbiornik nie zdążył się cofnąć i spaść na dach garażu.

Wszystkie przyjęte rozwiązania sprawiły, że zbiornik obalono bez jakichkolwiek uszkodzeń obiektów chronionych. Zaledwie dwie cegły spadły na chroniony okrągłakami dach garażu. W całym przedsięwzięciu ocena zagrożeń i przyjęte rozwiązania okazały się prawidłowe.

4. Podsumowanie i wnioski

Przedstawione przykłady dowodzą, że wybuchowa likwidacja obiektów, nawet bardzo trudnych, może być bezpieczna dla otoczenia, jednakże projektant musi posiadać:

- dogłębną znajomość środków strzałowych stosowanych w tego typu pracach;
- bardzo dobrą umiejętność prognozowania skutków strzelania i upadku mas;
- dobrą znajomość mechaniki i wytrzymałości materiałów;
- znajomość budowy likwidowanego obiektu;
- doświadczenie wynikające z likwidacji co najmniej 50 obiektów o różnej skali trudności;
- zdolność do szukania rozwiązań niekonwencjonalnych.

Nie omówiono tu wszystkich typów trudnych strzelań, jednak przedstawione przykłady wskazują, że istnieją rozwiązania optymalne w danej sytuacji.

Osoby udzielające pozwoleń na rozbiórkę metodą wybuchową powinny w sytuacjach rzeczywiście trudnych zasięgać opinii innych projektantów posiadających odpowiednie doświadczenie. Pozwoli to nie tylko na uniknięcie znacznych szkód materialnych, ale też na utrzymanie dobrej opinii o tej metodzie wyburzeniowej.

LITERATURA

- [1] *Lewicki J., Batko P., Morawa R.*: Wyznaczenie wielkości stref zagrożeń, warunków bezpieczeństwa i technologii wyburzania metodami strzałowymi zbiornika węgla surowego w KWK „Morcinek”. Kraków 2000 (praca niepublikowana)
- [2] *Lewicki J., Batko P., Morawa R., Kisiel S., Broda K., Heller T.*: Opracowanie możliwości i warunków bezpiecznego wyburzenia metodami strzałowymi komina o wysokości 152 m na terenie Elektrowni „Jaworzno I” w Jaworznie. Kraków 2000 (praca niepublikowana)
- [3] *Lewicki J.*: Ocena oddziaływania na otoczenie wyburzania wieży węglowej Radlin. Kraków 2004 (praca niepublikowana)
- [4] *Lewicki J.*: Koncepcja obalenia metodami strzałowymi skróconego komina o pierwotnej wysokości 200 m z oceną oddziaływania strzelań i upadku na czynny II blok energetyczny w Elektrowni „Pątnów”. Kraków 2001 (praca niepublikowana)
- [5] *Lewicki J., Batko P., Morawa R., Kisiel S.*: Opracowanie warunków obalenia metodami strzałowymi budynku EC „Szombierki”. Opracowanie technologii bezpiecznego obalenia. Kraków 1999 (praca niepublikowana)
- [6] *Lewicki J., Krzyworączka P.*: Specjalne metody likwidacji wybuchowej obiektów skomplikowanych. Badania własne nr 11.11.100.868, Kraków 2003 (praca niepublikowana)

Zatwierdzono do druku: 17.09.2004 r.