

*Józef Lewicki**

ZASADY I METODY BEZPIECZNEGO WYKONYWANIA ROBÓT STRZAŁOWYCH W BUDOWNICTWIE

1. Charakterystyka robót strzałowych w budownictwie i inżynierii

Materiały wybuchowe [1] stosowane są od kilkunastu wieków. Pierwsi wynalazcy (Chiny, proch, 662 r.) używali ich dla celów pokojowych (ogień bengalskie); Europa jako pierwsza zaczęła ich używać w celach wojennych (początek XIV w. — za sprawą pewnego mnicha), natomiast dla celów pokojowych używane są stosunkowo od niedawna — dokładnie od 8 lutego 1627 roku, kiedy to Kaspar Weindl jako pierwszy zastosował je w górnictwie do drażenia wyrobisk podziemnych (Banska Stiavnica, Słowacja). W wieku XVII cywilne zastosowanie prochu rozpowszechniło się w całej Europie, niemniej jednak główne podstawy techniki strzelniczej stworzyli wojskowi (przede wszystkim Vaubaun, główny budowniczy i zdobywca twierdz z czasów Ludwika XIV, później Belidor). Istotne jest jednak to, że proch czarny był jedynym znanym wówczas materiałem wybuchowym. Odkryty w 1742 roku (Glauber) i zastosowany w praktyce (1788, Haussmann) kwas pikrynowy był traktowany jako barwnik, dopóki w 99 lat po jego aplikacji fabryka tego „barwnika” nie wyleciała w powietrze (1887, Cornbook, Anglia). Odkryty przez angielskiego chemika Howarda w 1799 roku piorunian rtęci był zbyt wrażliwy, by nadawać się do jakiegokolwiek zastosowania przy ówczesnym poziomie wiedzy i techniki. Nitroceluloza (1845, Ch. Schoenbein) czy nitrogliceryna (1847, Ascanio Sobrero) były pierwszymi materiałami wybuchowymi, które znalazły powszechne zastosowanie, ale ich zdolność do „łatwego wybuchu” z różnych przyczyn spowodowała wiele wypadków śmiertelnych. W szczególności wybuch 32 ton nitrocelulozy w składzie (1862, Austria) oraz liczne samoczynne wybuchy w noblowskich fabrykach nitrogliceryny po roku 1864 roku wzbudziły wielkie obawy przed tymi materiałami. Z tej przyczyny Wielka Brytania (największa potęga przemysłowa ówczesnego świata) zabroniła na swoim terytorium produkować, przewozić, składować lub używać nitrogliceryny. To zarządzenie było niezmiernie dotkliwe dla Nobla, który musiał udowodnić, że nitrogliceryna nie jest tak niebezpieczna, jak się powszechnie sądzi (dziwne, ale ten strach przed MW jest

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

obecnie jeszcze większy niż kiedyś; wystarczy porównać regulacje prawne sprzed kilkunastu lat i współczesne!) — ale dzięki własnej odwadze obronił nitroglicerynę, co więcej, udało mu się przypadkowo pomieszać ją z ziemią okrzemkową.

Niezależnie od tych zdarzeń w tym czasie nastąpiło kilka odkryć:

- mieszanie nitrogliceryny z opiłkami drzewnymi w celu stworzenia plastycznej masy zdolnej do wybuchu (Zinin, Pietruszewski, 1851–1853, produkcja 2 ton tej mieszaniny i próby poligonowe);
- ulepszenie spłonki Andriejewskiego przez Nobla; zamiana prochu na piorunian rtęci, łuski drewnianej na miedzianą (po roku 1865);
- odkrycie przez Nobla mieszaniny nitrogliceryny z ziemią okrzemkową i nadanie jej nazwy „dynamit” (Nobel, 1866);
- odkrycie żelatyny wybuchowej i tworzenie dynamitów żelatynowanych (Nobel 1875/76), masowa produkcja dynamitów żelatynowanych.

Wszystkie te zdarzenia sprawiły, że w tym okresie XIX w. (niezależnie od ogólnego dynamicznego rozwoju chemii — znaczące ośrodki naukowe w Rosji, Niemczech, Francji, Anglii) istniały ogólnie dostępne, mocne i zróżnicowane materiały wybuchowe. Ponadto istniały środki do inicjowania tych materiałów (lont wolnopalny, spłonki) oraz pojawiały się (pod koniec wieku) nowe materiały wybuchowe inicjujące.

Dalszy rozwój środków strzałowych szedł w następujących głównych kierunkach:

- środki inicjacji (lonty detonujące, zapalniki elektryczne natychmiastowe i milisekundowe aż po system Nonel);
- mieszaniny wybuchowe (dynamity, MW chloranowe, nadchloranowe, wapniowo-saletrzane, oksylikwity, dynamony, amonity, granulowane, zawieszinowe, emulsyjne);
- MW bezpieczne (wetter-dynamity, MW zawierające sól kuchenną, MW wymiennie-jonowe, a obecnie MW metanowe).

W chwili obecnej materiały wybuchowe używane są głównie w technice wojskowej i w górnictwie, gdzie rozpoznanie ich możliwości jest największe. O ile w wojsku badania idą w kierunku konstruowania coraz doskonalszych ładunków i tworzenia systemów wybuchowych o skrajnie wysokich parametrach ciśnienia, temperatury i prędkości pewnych procesów, o tyle w technice górniczej [2] (zarówno podziemnej, jak i odkrywkowej) badania zmierzają w kierunku poprawy bezpieczeństwa i poręczności ich stosowania oraz największej ekonomicznej efektywności. Tak więc zarówno w technice wojskowej, jak i w górnictwie badania związane z materiałami wybuchowymi prowadzono w kierunkach dla tych branż najważniejszych. Niejako na uboczu tych dwóch wielkich zastosowań, materiały wybuchowe stosowane są również w innych działach gospodarki.

W szczególnych przypadkach materiały wybuchowe mogą być stosowane [3] do:

- gaszenia szybów naftowych;
- gaszenia lasów i stepów;
- utwardzania powierzchni metali;

- tłoczenia wybuchowego;
- utwardzania powierzchni gruntów oraz nasypów i obwałowań;
- osuszania bagien;
- karczowania drzew i pni;
- kruszenia lodu;
- czyszczenia elementów stalowych z osadów, glonów lub rdzy;
- udrażniania perforowanych rur w studniach;
- perforacji rur w wiertnictwie i górnictwie otworowym;
- strzelań torpedowych w wiertnictwie;
- cięcia metali;
- wykonywania wykopów podwodnych;
- strzelania na zrzut i wyrzut (drogi i tamy);
- strzelań dla celów geosejsmicznych;
- strzelań wyburzeniowych.

Strzelania wyburzeniowe [3] obejmują bardzo szeroki i różnorodny zakres zastosowań różniących się zasadniczo pomiędzy sobą. Dotyczą one następujących grup obiektów:

- fundamenty budowli, maszyn i urządzeń;
- mosty (płyty i przyczółki);
- budowle żelbetowe zwarte, wysokie lub wielkogabarytowe (np. budynki płuczki w kopalniach, zbiorniki węgla surowego, zbiorniki produktów gotowych, budynki flotacji, suszarnie, łaźnie, lampiarnie, cechownie itp.);
- kominy ceramiczne i żelbetowe;
- wieże żelbetowe (szybowe, ciśnień itp.);
- zbiorniki, odmulniki i inne urządzenia żelbetowe o niewielkiej wysokości;
- wysokie stalowe konstrukcje o różnorodnej budowie (załadownie produktów, zbiorniki kamienia, kruszarnie kamienia, płuczki, wieże szybowe kozłowe, basztowe itp.);
- wykładziny i wymurówki pieców wglębnych, topielnych (glinu), Morgana i innych — w tym rozgrzanych do wysokiej temperatury;
- zgary i „wilki”;
- inne nietypowe konstrukcje (śluzy, płyty, posadzki, wanny szklarskie itp.).

Strzelania wyburzeniowe prowadzone są głównie przez specjalistów wyszkolonych przez wojsko lub specjalistów z dziedziny górnictwa. Każda z obu wymienionych grup wprowadziła do praktyki robót wyburzeniowych nawyki nabyte w toku wykonywania swojego podstawowego zawodu. Wojsko strzelające na poligonach w komfortowych warunkach terenowych znacznie mniejszą uwagę zwraca na ochronę otoczenia przed skutkami strzelań, a większą na pewność wykonania zaplanowanego zniszczenia obiektu, górnicy zaś posiadający ogromną praktykę i obycie ze środkami strzałowymi są jednak przyzwyczajeni do powtarzalności i rutyny strzelań eksploatacyjnych. W rzeczywistości strzelania wyburzeniowe

różnią się znacznie zarówno od strzelań wykonywanych przez wojsko, jak i strzelań wykonywanych w górnictwie. Różnice te można przedstawić następująco:

- strzelania wyburzeniowe prowadzone są na ogół w gęstej zabudowie mieszkaniowej lub przemysłowej, odległości od miejsca strzelania do obiektów chronionych są nieraz wielokrotnie mniejsze od wielkości stref wyznaczonych przepisami ważnymi szczególnie dla górnictwa;
- zadanie wyburzeniowe nie jest powtarzalne, musi się więc stosować indywidualne rozwiązania wynikające z innej zabudowy terenu, innej skali zagrożeń otoczenia i innej, wymuszonej warunkami, technologii wyburzenia;
- rutyna górnicza (lub poligonowa) w robotach wyburzeniowych nie powinna mieć miejsca, gdyż zmienność wszystkich warunków nie pozwala na mechaniczne powtarzanie tych samych sposobów wykonania zadania, aczkolwiek doświadczenie ogólne w zakresie wykonywania robót strzałowych jest bardzo ważne;
- w strzelaniach wyburzeniowych występuje znacznie większa kondensacja zagrożeń niż w strzelaniach górniczych, co więcej, występują zagrożenia zupełnie nieznane górnictwu czy wojsku (np. zagrożenia upadkiem dużych mas);
- dla bezpiecznego i poprawnego wykonania zadania największe znaczenie ma znajomość mechaniki i wytrzymałości oraz środków strzałowych i techniki strzelniczej; znajomość budownictwa jest mało istotna (obiekt jest burzony, a nie budowany, a oba procesy radykalnie różnią się dynamiką);
- w przeciwieństwie do zrutynizowanych działań w tamtych działach wskazana jest bieżąca korekta sposobu lub technologii strzelań;
- konieczne jest stałe prognozowanie wszystkich skutków strzelań, ponieważ skutki strzelań decydują o wyborze optymalnej technologii;
- technologia wykonania zadania musi być dostosowana do warunków zewnętrznych, m.in. powinna spełniać warunki ochrony otoczenia przed skutkami strzelań;
- wskazane jest rejestrowanie strzelań kamerą celem analizy zachowania się obiektu lub części obiektu i wprowadzenia ewentualnych korekt parametrów strzelania lub odpowiednich zabezpieczeń przed niewłaściwym upadkiem lub naruszeniem elementów obiektu chronionego;
- wskazane jest rejestrowanie negatywnych oddziaływań strzelania na otoczenie, w tym wyznaczanie zasięgu rozrzutu odłamków, określanie wielkości drgań wygenerowanych na obiektach podlegających ochronie oraz określenie wielkości powietrznej fali uderzeniowej.

W Polsce w zasadzie nie prowadzi się kompleksowych i długotrwałych badań w zakresie wpływu robót strzałowych wyburzeniowych na otoczenie — w ograniczonym zakresie (do danego zadania) badania takie prowadzi AGH. Wynika to z braku czasu, braku funduszy oraz braku powtarzalności warunków badań. Tylko niektóre rodzaje strzelań muszą być z mocy prawa opomiarowane.

Ideę ochrony otoczenia przed skutkami strzelań wyburzeniowych sformułowano w AGH w latach osiemdziesiątych i rozwijano w latach dziewięćdziesiątych. Wówczas to, przystę-

pując do wyburzenia określonego obiektu, oceniano wpływ robót wyburzeniowych na otoczenie, a technologia robót wyburzeniowych podporządkowana była bezpieczeństwu otoczenia. Zmuszało to do poszukiwania odpowiednich narzędzi pozwalających na prawidłowe prognozowanie skutków działań wyburzeniowych, w tym głównie przez adaptację pewnych działań i metod zapożyczonych z górnictwa. Ochrona otoczenia wymusiła rozwój takich technologii robót wyburzeniowych, by były one bezpieczne dla otoczenia z uwagi na:

- rozrzut,
- drgania parasejsmiczne,
- upadek dużych mas,
- kierunek padania (precyzję),
- parametry powietrznej fali uderzeniowej.

Tym samym zmienił się kierunek rozwoju: technologię poprawną pod względem wykonawstwa zadania zastąpiła technologia równie skuteczna, ale i bezpieczna dla otoczenia.

2. Zasady bezpiecznego prowadzenia strzelań wyburzeniowych

W robotach rozbiórkowych prowadzonych metodami mechanicznymi zdarzyło się w ostatnich latach bardzo dużo wypadków śmiertelnych. Podczas robót rozbiórkowych prowadzonych metodami strzałowymi wypadków takich jak dotychczas nie było. Tryb prowadzenia robót strzałowych jest przeniesiony z górnictwa, z zastosowaniem jego procedur postępowania, sprawdzania ładunków i sieci, sprawdzania obiektu i otoczenia przed strzelaniem, sygnalizacją, a nawet systemem szkolenia i zdobywania kolejnych szczebli uprawnień. Jest to system strzelań cywilnych doskonalony przez kilkaset lat.

Wypadkowość przy robotach rozbiórkowych prowadzonych metodą strzałową jest odwrotnie proporcjonalna do profesjonalizmu i kompetencji osób wykonujących i nadzorujących te roboty. W szczególności są nieodzowne dwie grupy umiejętności:

- 1) znajomość podstawowych zasad mechaniki i wytrzymałości, umiejętność wyznaczania rozkładu i kierunku działania sił i momentów sił;
- 2) umiejętność prognozowania skutków działań celowych określonego typu (strzelanie, upadek, wyznaczenie kierunku upadku lub zachowania się obiektu po wykonaniu zaplanowanej operacji).

Zakłada się, że znajomość środków strzałowych, sprzętu strzałowego oraz techniki strzelniczej przez projektantów i wykonawców jest opanowana na poziomie profesjonalnym. Trzeba pamiętać, że materiał wybuchowy nie ma cech materiału budowlanego i nie podlega tym samym przepisom bezpieczeństwa i dystrybucji co piasek, woda i cement. Sposób posługiwania się tym produktem też wymaga innych predyspozycji i umiejętności niż w przypadku klasycznych materiałów budowlanych. Można uznać, że najistotniejsze są grupy rzeczowe decydujące o powodzeniu w tego typu pracy:

- grupa umiejętności,
- grupa zasad,
- grupa zalecanych rozwiązań.

Wymagane umiejętności można określić następująco:

- dobra lub nawet bardzo dobra znajomość środków strzałowych, ich właściwości i zasad bezpiecznego posługiwania się nimi, połączona z możliwością ich przebadania w koniecznym zakresie w razie potrzeb (najlepiej we własnym ośrodku badawczym, ale mogą to tylko nieliczni);
- dobra znajomość techniki strzelniczej i sprzętu strzałowego, możliwość kontroli sprzętu, również we własnym zakresie;
- co najmniej dobra znajomość elementów mechaniki i wytrzymałości materiałów, pozwalająca na planowanie bezpiecznych rozwiązań;
- umiejętność w miarę dokładnego prognozowania najważniejszych skutków strzelań i upadku mas, a co za tym idzie — prawidłowego określenia warunków brzegowych (warunków bezpieczeństwa), do których musi być dostosowana technologia;
- umiejętność — dla każdego przypadku — stworzenia takiej technologii wyburzania, aby spełniała warunki bezpieczeństwa;
- umiejętność znajdowania rozwiązań nietypowych, jednak w danej sytuacji optymalnych lub jedynych możliwych;
- znajomość podstaw budowy (konstrukcji) najważniejszych budowli przemysłowych podlegających wyburzeniu.

Zasady postępowania powinny obejmować pewne ustalone zachowania ogólne, zaktualizowane w umysłach projektantów i wykonawców. Zasady te powinny dotyczyć:

- stworzenia i realizowania procedur postępowania charakterystycznych dla tego specyficznego zawodu;
- wprowadzenia jako warunku *sine qua non* opomiarowania strzelań, w których masa detonowanego ładunku lub energii upadku przekracza pewną wartość;
- obowiązkowej oceny stanu otoczenia przed rozpoczęciem strzelań;
- stosowania jako głównej zasady, że najważniejsza jest ochrona otoczenia przed negatywnymi skutkami strzelań, a na drugim miejscu dopiero wykonawstwo zadania;
- współpracy specjalistów z różnych branż w zakresie koniecznym dla prawidłowości oceny zagrożeń i prawidłowości wykonania zadania.

Grupa rozwiązań, zaleceń wynikających z wieloletnich doświadczeń, obserwacji i analiz (zarówno własnych, jak i cudzych) przedstawia się następująco [3]:

- jak najmniej strzelać na wysokości w elementach odsłoniętych, trudnych do zabezpieczenia przed rozrzutem, nie rozbierać na wysokości elementów stalowych lub żelbetowych, gdy możliwe jest sprowadzenie ich „do parteru” za pomocą strzelania;
- do kruszenia elementów budowli wykorzystać siłę ciężkości — upadek budowli ceglanych (w tym kominów) powoduje ich całkowite zniszczenie; upadek obiektów żelbetowych powoduje ich skruszenie niekiedy w 80% (przy kominach żelbetowych może być więcej);
- wszędzie tam, gdzie obiekty likwidowane są w wielu seriach strzelań, należy stosować strzelania próbne, pozwalające na pomiar oddziaływań na otoczenie i poznanie oddzia-

ływania MW na likwidowane tworzywo; strzelania takie powinny być prowadzone ładunkami zmniejszonymi, nawet gdyby strzelanie próbne miało dać mierny efekt w zakresie skruszenia tworzywa;

- tak planować kolejność wyburzeń, aby możliwe było wykorzystanie ścian i elementów likwidowanej lub zaplanowanej do likwidowania infrastruktury do ochrony innych obiektów (nie podlegających wyburzeniu) przed rozrzutem odłamków;
- nie odkopywać fundamentów, jeśli nie ma w tym zakresie wskazań przeciwsiejsmicznych; otoczka ziemna nie tylko chroni przed rozrzutem, ale i pozwala przy elementach płaskich na zmniejszenie liczby otworów, dając lepszą propagację naprężeń w likwidowanym elemencie;
- w sytuacjach umożliwiających strzelania w kierunkach bardziej bezpiecznych ukierunkowywać rozrzut w stronę bezpieczną przez zmianę proporcji zabiorów danego ładunku lub odpowiednie ustalanie czasów opóźnień zapalników milisekundowych;
- przy likwidacji zbrojonych węzłów belek i słupów stosować zasadę równości oporów (chyba że rozrzut będzie ukierunkowywany); w przeciwnym przypadku wynik strzelania będzie negatywny, a rozrzut zwiększony w kierunku wyznaczonym przez mniejszy zabiór, czyli mniejszy opór tworzywa;
- należy przewidywać zachowanie się burzonego obiektu i wszystkie skutki planowanej operacji, szczególnie wielkość drgań i skutki upadku obiektu wysokiego, w tym kierunek i wszystko, co może ten kierunek zakłócić; technologię wyburzenia dostosować do wyznaczonych w różny sposób warunków bezpieczeństwa;
- wszystkie prace strzałowe muszą być wykonane wyjątkowo starannie i wielokrotnie sprawdzone; odchyłki od wielkości zabiorów, przybitki, numeracji zapalników, wielkości ładunku skutkują zwiększonym zagrożeniem dla otoczenia;
- unikać strzelania w stali, jeśli możliwe są inne rozwiązania; parametry detonacji niektórych polskich MW lub urządzeń wybuchowych, np. ładunków kumulacyjnych, nie są powtarzalne, stąd zaskakujące niekiedy wyniki strzelań w stali (kilkakrotne próby obalenia metodą strzałową tego samego wysokiego obiektu stalowego, który w założeniu miał być powalony jednym strzałem);
- unikać obalania stalowych obiektów wysokich za pomocą ciągnięcia liną i ładówką, gdyż zdarzają się niepowodzenia przy takim sposobie obalania — obiekt się zawiesza, lub pada w nieplanowanym kierunku.

3. Uwagi o trybie postępowania

Stosowanie materiałów wybuchowych dla celów cywilnych ma podstawy formalne w trzech aktach prawnych:

- 1) Prawo geologiczne i górnicze,
- 2) Prawo budowlane,
- 3) Ustawa o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego.

Na podstawie tych ustaw wydano szereg rozporządzeń wykonawczych. O ile górnictwo w tej materii przez dziesięciolecia pracy i doświadczeń dorobiło się skoordynowanych i sensownych aktów prawnych, regulujących cały tok postępowania z materiałami wybuchowymi (od zakupu po warunki bezpiecznego stosowania), o tyle w pozostałych działach gospodarki panuje nie tylko spora dowolność, ale też traktuje się tę problematykę wycinkowo i chaotycznie. Niektóre rozporządzenia dotyczące bezpieczeństwa robót są kuriozalne, o czym jest mowa w innym miejscu. Ustawa o MW przeznaczonych do użytku cywilnego [4] dopiero od niedawna próbuje tę sferę uporządkować i dostosować do norm europejskich, ale będące jej konsekwencją rozporządzenia zaczynają nadmiernie komplikować proces stosowania MW. Natomiast od kilku lat, z różnym skutkiem, próbuje się regulować zastosowanie MW w budownictwie, tak jakby wcześniej żadnych innych norm prawnych w tym zakresie nie było, a rozwiązania stosowane i sprawdzone w górnictwie były dla twórców nowego prawa nie do przyjęcia. Był nawet taki czas, że równocześnie funkcjonowały dwa sprzeczne z sobą rozporządzenia, bo zapomniano uchylić wcześniejsze rozporządzenie normujące daną kwestię. Otóż trzeba wyraźnie powiedzieć, iż Minister Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych rozporządzeniem [5] z 28 marca 1972 roku w rozdz. XIV § 309 wprowadził zasadę, że „obalanie lub rozsadzanie części obiektu za pomocą materiałów wybuchowych powinno być dokonywane zgodnie z zasadami obowiązującymi przy robotach górniczych”. Jest oczywiste, że zasady te dotyczyły wymaganego wykształcenia, uprawnień formalnych i górniczych zatwierdzeń, trybu postępowania, sygnalizacji podczas prowadzenia robót, zawartości dokumentacji, trybu jej zatwierdzania, nabywania i składowania środków strzałowych, ich ewidencji, sposobów kontroli ciągłości sieci, usuwania niewypałów i innych elementów postępowania charakterystycznych dla praktyki górniczej w zakresie stosowania środków strzałowych. Prawodawca zdawał sobie sprawę, że najważniejszym elementem całego procesu wyburzeniowego w budownictwie jest znajomość środków strzałowych i bezpiecznych metod posługiwania się nimi. Tak naprawdę akurat to prawo nie było zbyt rygorystycznie przestrzegane. Przez niemal trzy dziesięciolecia roboty strzałowe wyburzeniowe prowadzili zarówno górnicy (niejako upoważnieni do tego cytowanym rozporządzeniem), jak i wojskowi (środki strzałowe były również ich codziennością). Sytuacja prawna była na tyle niejasna, że roboty strzałowe wyburzeniowe zostały w końcu, jako roboty rozbiórkowe dopisane do prawa budowlanego z wszelkimi konsekwencjami wynikającymi z tegoż prawa. Nacisk został położony na sprawy formalne z potraktowaniem rozbiórki dokonywanej wybuchowo tak samo jak budowy wielkiej budowli. 20 lipca 1999 roku Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji wydał rozporządzenie [6] w sprawie rozbiórek obiektów budowlanych wykonywanych metodą wybuchową. W rozporządzeniu tym podano tylko ogólne zasady prowadzenia wyburzeń, pomijając szereg istotnych spraw — mimo posiadania przez MSWiA obszernego, przygotowanego na zlecenie tegoż ministerstwa przez AGH (na zlecenie MSWiA) projektu rozporządzenia normującego wszystkie istotne zagadnienia. Cytowane rozporządzenie nie unieważniało poprzedniego, z 1972 roku. W lipcu 2001 roku ówczesny minister infrastruktury Jerzy Kropiwnicki wydał nowe rozporządzenie [7], w którym podał warunki i tryb uzyskiwania uprawnień do projektowania robót strzałowych i kierowania nimi, pozbawiając górników z wyższym wykształceniem, doświadczeniem i poprzednimi upraw-

nieniami nawet prawa ubiegania się o możliwość zdawania powtórnie egzaminu z tego zakresu (wcześniejsze egzaminy przed komisjami państwowymi prowadzone były przez organizacje związane z górnictwem). Tym sposobem najbardziej doświadczona kadra, używająca 99% wszystkich materiałów wybuchowych w Polsce, została usunięta poza margines tego zawodu. Również i to rozporządzenie nie unieważniło starego rozporządzenia z 1972 roku i normowało tylko jedną dziedzinę: uprawnienia osób do projektowania i kierowania robotami strzałowymi, wszystkie najważniejsze kwestie pozostawiając na uboczu. W ciągu dwóch lat uprawnienia do prowadzenia robót strzałowych uzyskiwali niemal wyłącznie wojskowi (i kilka osób z wykształceniem budowlanym). Pozostali, pochodzący z górnictwa, bez względu na staż, poziom wiedzy, doświadczenie i uznanie w środowisku zostali z tego wyłączeni. Po dwóch latach starań i odwołań górnicy z wyższym wykształceniem uzyskali prawo [8] do zdawania egzaminu, mimo nabytych uprzednio uprawnień z rozporządzenia z 1972 roku — które miały jedną formalną wadę: nie nazywały się wprost uprawnieniami do prowadzenia prac strzałowych w budownictwie. Dziś w Polsce są tylko trzy osoby z wykształceniem górniczym posiadające prawo do projektowania robót wyburzeniowych w budownictwie i kierowania tymi robotami. Formalne uprawnienia górnicze na poziomie dozoru wyższego do prowadzenia robót strzałowych na powierzchni i formalne uprawnienia budowlane z tego zakresu (łącznie) mają jedna lub najwyżej dwie osoby w Polsce. Wiele istotnych dla bezpieczeństwa kwestii zostało zupełnie pominiętych, niektóre są regulowane w sposób dyletancki, ośmieszający całą branżę [9]. Rozbiórka wybuchowa obiektów budowlanych jest obecnie normowana Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [10].

Postępowanie przy rozbiórkach w chwili obecnej podlega całkowicie prawu budowlanemu. Aby uzyskać pozwolenie na rozbiórkę obiektu, należy złożyć we właściwym starostwie odpowiednią dokumentację strzałową podpisaną przez uprawnioną osobę i sprawdzoną formalnie przez drugą osobę z uprawnieniami budowlanymi strzałowymi. Dokumentacja ta jest częścią kompletu dokumentów wymaganych do budowy (rozbiórki) zgodnie z prawem budowlanym (prawo własności działki, mapa geodezyjna, zaznaczone media, uzgodnienia z sąsiadami itp.). Ponadto obowiązują procedury związane z:

- wytwarzaniem odpadów,
- ochroną środowiska,
- zezwoleniem na transport odpadów,
- utylizacją odpadów niebezpiecznych,
- planem BiOZ.

Procedura uzyskiwania pozwolenia podlega KPA (miesiąc na sprawy proste, dwa miesiące na sprawy uznane za trudne), w każdym przypadku urząd może zażądać uzupełnienia dokumentów. Wszystkie te procedury wydłużają czas wykonywania zadania. Pozwolenie na rozbiórkę jest wydawane w trybie decyzji. Moim zdaniem, urząd powinien wydawać pozwolenie na rozbiórkę w trybie uproszczonym, bowiem obiekt likwidowany nie ma już żadnych zadań w przyszłości, w przeciwieństwie do obiektu nowo budowanego. Także dynamika tych procesów jest tak różna (statyka budowlana i dynamika strzałowa), że nie można

znaleźć dla nich wspólnego mianownika. Pozwolenie powinno obejmować wydanie decyzji na rozbiórkę bez wnikania w to, jaką metodą obiekt będzie likwidowany, gdyż odpowiedni urząd prowadzi jedynie formalną, a nie merytoryczną stronę zagadnienia, zaś wykonawca odpowiada za wszystko, co dzieje się na placu rozbiórki. Postawienie sztywnego znaku równości pomiędzy budową a rozbiórką niepotrzebnie wydłuża czas rozbiórki obiektów. Kierownik robót strzałowych powinien odpowiadać za prawidłowość projektu rozbiórki metodą strzałową, za skutki (konieczna jest więc umiejętność prognozowania skutków strzałów) i za prawidłowość wykonania zadania.

W przypadkach, kiedy roboty wyburzeniowe prowadzone są na obszarze górniczym, rolę powiatowego nadzoru budowlanego pełni właściwy terytorialnie Okręgowy Urząd Górniczy.

Wydaje się słuszne stwierdzenie, że jeśli strzelania odbywają się na obszarze górniczym — urząd powinien wymagać odpowiednich uprawnień górniczych do prowadzenia prac strzałowych (na terenie kopalni likwidacja obiektu jest ruchem kopalni i podlega [11] prawu geologicznemu i górniczemu).

4. Identyfikacja zagrożeń

Zagrożenia powstające przy robotach strzałowych [12] opisane są w innym miejscu, tam też podano sposoby prognozowania [13, 14, 15] wielkości tych zagrożeń. Dla przypomnienia zagrożenia te zostaną wymienione w tym miejscu. Podczas stosowania materiałów wybuchowych w pracach poza górniczych powstają następujące zagrożenia:

- rozrzut odłamków,
- drgania parasejsmiczne,
- powietrzna fala uderzeniowa (traktowana czasem jako „podmuch”),
- fala akustyczna,
- upadek dużych mas,
- niewłaściwy (nieplanowany) kierunek upadku,
- prądy błędzące,
- zakłócenia powodowane pracą stacji radiowych, telewizyjnych i radarowych,
- toksyczne,
- pyłowe,
- związane z zakładaniem ładunków w tworzywie o wysokiej temperaturze,
- z wysokością,
- z pracami w głębokich wyrobiskach o małym przekroju,
- z pracami pod wodą,
- ze skalą zadania,
- z zawodnością środków strzałowych,
- z infrastrukturą podziemną znajdującą się w pobliżu likwidowanych obiektów.

Wszystkie te zagrożenia powinny być uwzględniane przy projektowaniu i wykonywaniu strzelań wyburzeniowych. Nie wszystkie występują w każdej robocie strzałowej.

5. Sposoby wybuchowej likwidacji różnych grup obiektów

Roboty strzałowe stosowane w budownictwie dotyczą obiektów o bardzo zróżnicowanej budowie. Można je podzielić na cztery grupy, wyburzane według odrębnych prawideł:

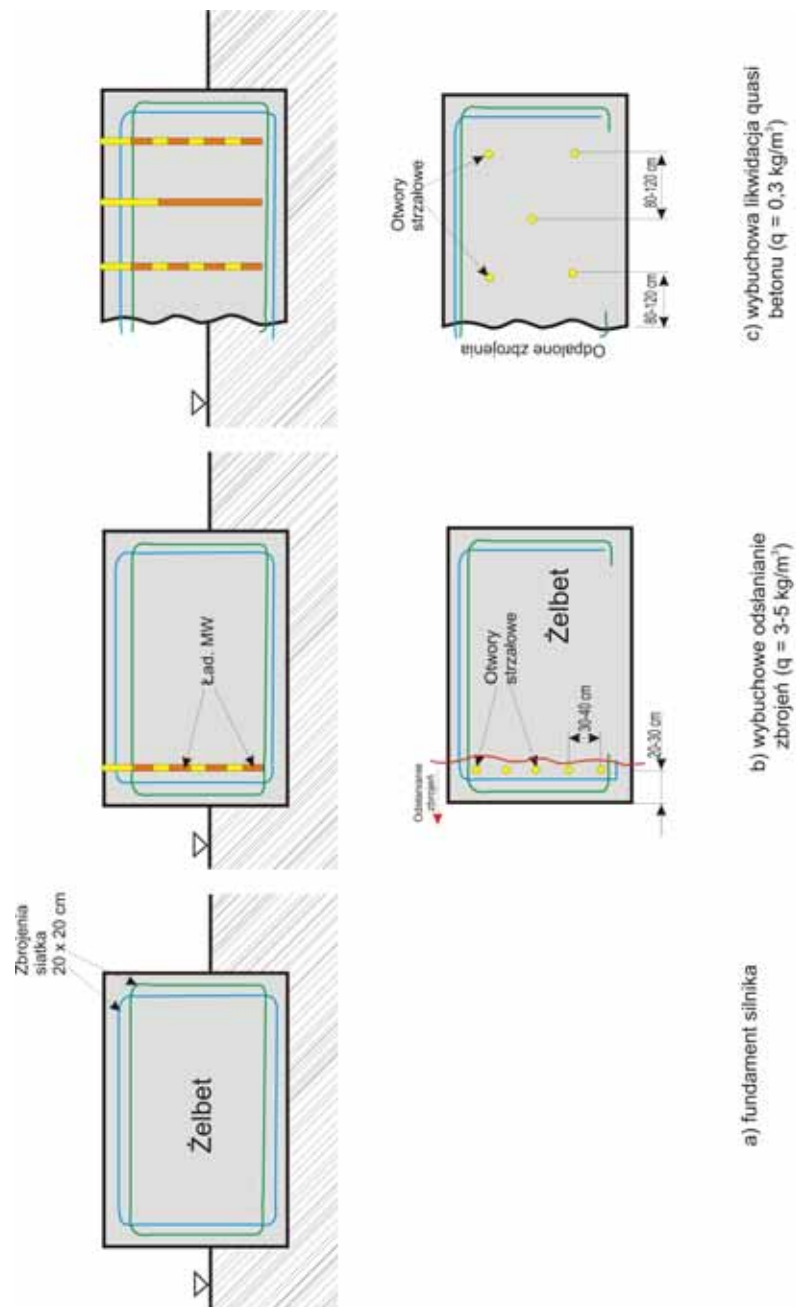
- 1) obiekty proste,
- 2) obiekty wysokie,
- 3) obiekty wieloprzestrzenne (skomplikowane),
- 4) obiekty stalowe.

5.1. Likwidacja obiektów prostych

Za obiekty proste i łatwe do likwidacji można uznać wszelkie fundamenty maszyn i urządzeń (nawet o zewnętrznie skomplikowanych kształtach), płyty i przyczółki mostowe, fundamenty słupów nośnych hal, fundamenty domów i budowli, płytowe fundamenty kominów, wielkowymiarowe belki i słupy, podciągi i inne zwarte konstrukcje, głównie żelbetowe. Rozkuwanie tych obiektów młotami hydraulicznymi jest uciążliwe, niekiedy niemożliwe ze względu na wysokość lub głębokość położenia takiego obiektu. Drugim typem obiektów prostych są elementy płaskie (płyty, posadzki, ściany lejów, ściany wież i zbiorników), które są stosunkowo łatwe w likwidacji nożycami, ale znajdują się na wysokości i są nieosiągalne dla nożyc, usztywniają konstrukcję lub mogą być likwidowane dopiero po obaleniu obiektu — a dla zmniejszenia negatywnych skutków upadku ich wcześniejsze zmiękczenie jest konieczne.

Aby likwidować [16] takie obiekty przy najmniejszym nakładzie sił i środków, należy wyznaczyć wielkość ładunku dopuszczalnego (w otworze, serii, częściowego, na opóźnienie itp.) ze względu na bezpieczeństwo otoczenia, a poza tym:

- wyznaczyć wielkość jednostkowego zużycia MW (w kg/m^3) według wzoru uwzględniającego podstawowe warunki strzelania (zaleca się stosować wzór Kutuzowa–Suchanowa obejmujący wszystkie podstawowe warunki);
- zaprojektować siatkę otworów strzałowych tak, by wystąpiło równomierne wysycenie całego obiektu materiałem wybuchowym; należy uwzględnić głębokość i pojemność otworów strzałowych, wielkość przybitki, średnicę krytyczną stosowanych MW itp.;
- w elementach (np. fundamentach silników) gęsto i dwuwarstwowo zbrojonych wykonać siatkę otworów dla odsłonięcia zbrojeń; po strzeleniu i przepaleniu zbrojeń palnikami obiekt traci wytrzymałość na siły rozciągające, a jednostkowe zużycie MW dla tak przygotowanego fundamentu spadnie nawet dziesięciokrotnie (z punktu widzenia wytrzymałości na roboty strzałowe żelbet tracący zbrojenia obwodowe zachowuje się jak beton wymagający niewielkich ilości MW) — zasada ta została przedstawiona na rysunku 1;



Rys. 1. Zasada wybuchowej likwidacji silnie zbrojonych fundamentów

- w elementach płaskich wytyczyć linie cięcia wybuchowego dla odsłonięcia zbrojeń; po ich przepaleniu element płaski zostanie podzielony na fragmenty dogodne do transportu. Odległość między otworami w linii cięcia nie powinna być większa niż 1,2 grubości płyty, zaś wielkość ładunku w otworze (obliczana w gramach) powinna wynosić co najmniej podwójną wartość grubości płyty. Inicjacja ładunków na ogół odbywa się z zastosowaniem lontu detonującego;
- w każdym przypadku likwidacji obiektów prostych (a szczególnie płaskich) pamiętać o zasadzie równości oporu i o rozrzucie odłamków. Przy wykonywaniu linii cięcia z zastosowaniem LD rozrzut jest największy z możliwych, w skrajnych przypadkach przekracza 300 m.

Likwidacja obiektów prostych jest najbardziej zbliżona do strzelań górniczych i wymaga najbardziej podstawowych umiejętności strzałowych.

5.2. Rozbiórka obiektów wysokich

Do obiektów wysokich zalicza się:

- kominy żelbetowe,
- kominy ceglane,
- wieże szybowe basztowe,
- wieże węglowe i gaśnicze,
- wieże ciśnień,
- wieże przesypowe, kątowe i oświetleniowe,
- inne obiekty, w których stosunek wysokości do szerokości u podstawy przekracza wartość 3, w tym i obiekty osiągające tę cechę po podziale na „podobiekty”.

Likwidacja obiektów wysokich odbywa się przez klasyczne podcięcie, wytworzenie pewnego ukierunkowanego, wypadkowego momentu sił, wystarczającego do wywołania ruchu obiektu w zaplanowanym kierunku.

5.2.1. Obalanie kominów żelbetowych i ceglanych

Kominy żelbetowe [17] składają się z: żelbetowego zewnętrznego płaszcza nośnego, wymurówki szamotowej wewnętrznej i warstwy izolacyjnej znajdującej się pomiędzy konstrukcją ceglana a żelbetowym płaszczem nośnym. Mogą być budowane metodą ślizgową (jednakowa średnica od dołu do góry z żelbetową wymurówką wewnętrzną) lub wylewane sukcesywnie jako stożek ścięty. Stosunek wysokości komina do jego zewnętrznej średnicy u podstawy nazywany jest smukłością komina i wynosi 15 w kominach standardowych, w krępych sięga 12, a w wylewanych metodą ślizgową dochodzi do 20. W każdym przypadku, gdy stosunek ten przekracza liczbę 15, można się spodziewać kłopotów z wytrzymałością stopy podporowej i z dokładnością zachowania kierunku upadku po strzale.

Po wybuchowym wykonaniu włomu kierunkowego na komin działają momenty sił:

- sprzyjające obaleniu,
- przeciwne obaleniu
- zmienne.

Momenty sił sprzyjające obaleniu to:

- moment pochodzący od ciężaru tej części komina, która znajduje się po stronie włomu do granicy wyznaczonej linią obrotu; moment zmienny rosnący;
- moment pochodzący od liny; wyznacza go pozioma składowa ciężaru zawieszonego na linie, jest to moment zmieniający się w miarę przechylania się komina i zmiany kąta zawieszenia ciężaru; moment malejący.

Momenty przeciwne obaleniu to:

- moment pochodzący od ciężaru zlokalizowanego za linią obrotu, po stronie przeciwnej niż włom (od ciężaru oddzielonego pionową płaszczyzną przechodzącą przez linię obrotu i zlokalizowanego nad strefą podporową); moment malejący,
- moment pochodzący od wytrzymałości na rozrywanie betonu znajdującego się w strefie podporowej; moment chwilowy;
- moment pochodzący od wytrzymałości na rozrywanie zbrojeń strefy podporowej; moment chwilowy;
- moment pochodzący od wytrzymałości na wyboczenie prętów zbrojeniowych znajdujących się w strefie włomowej; moment chwilowy.

Momenty zmienne to:

- moment pochodzący od działania wiatru; moment ten może się zmieniać niezależnie od innych działań prowadzonych przy obalaniu komina,
- moment pochodzący od oporu powietrza podczas padania komina; jest on związany z prędkością padania i wielkością oporów jednostkowych (liczba Reynoldsa) i ma wartość zmienną, od zera do maksimum. W kominach ceglanych powoduje złamanie komina, zmianę kierunku upadku górnej części komina, w kominach wysokich nawet padanie części górnej w kierunku przeciwnym niż kierunek pierwotny. W kominach żelbetowych moment ten powoduje kumulację energii sprężystej i jej wyładowanie w końcowej fazie upadku (charakterystyczne przyspieszenie ruchu — „smagnięcie” podłoża).

Równanie momentów sił i wyznaczenie momentu wypadkowego musi być skrupulatnie przeprowadzone, bowiem z tego wynika wielkość zmiennej siły, przyspieszenie ruchu po łuku i prędkość ruchu komina w pierwszych sekundach po strzale oraz konsekwencje energetyczne i wielkość oddziaływania komina na otoczenie po jego upadku.

Kolejnym problemem jest wytrzymałość stopy podporowej. Po wybuchowym wykonaniu włomu całe obciążenie, do tej pory równomiernie rozłożone, zostaje przeniesione dynamicznie na stopę podporową, miażdżąc ją niejednokrotnie i zmieniając warunki kierun-

kowego obalenia. W takich przypadkach najtrudniej jest zachować założony (planowany) kierunek padania komina.

Innym istotnym zagrożeniem jest oddziaływanie energii upadku na otoczenie. Na ogół ekwiwalent dynamitowy energii upadku kominów żelbetowych jest ponad dziesięciokrotnie większy niż ilość dynamitu użyta dla obalenia komina, dlatego stosuje się rozwiązania przedstawione szczegółowo w innych artykułach, które prowadzą się do:

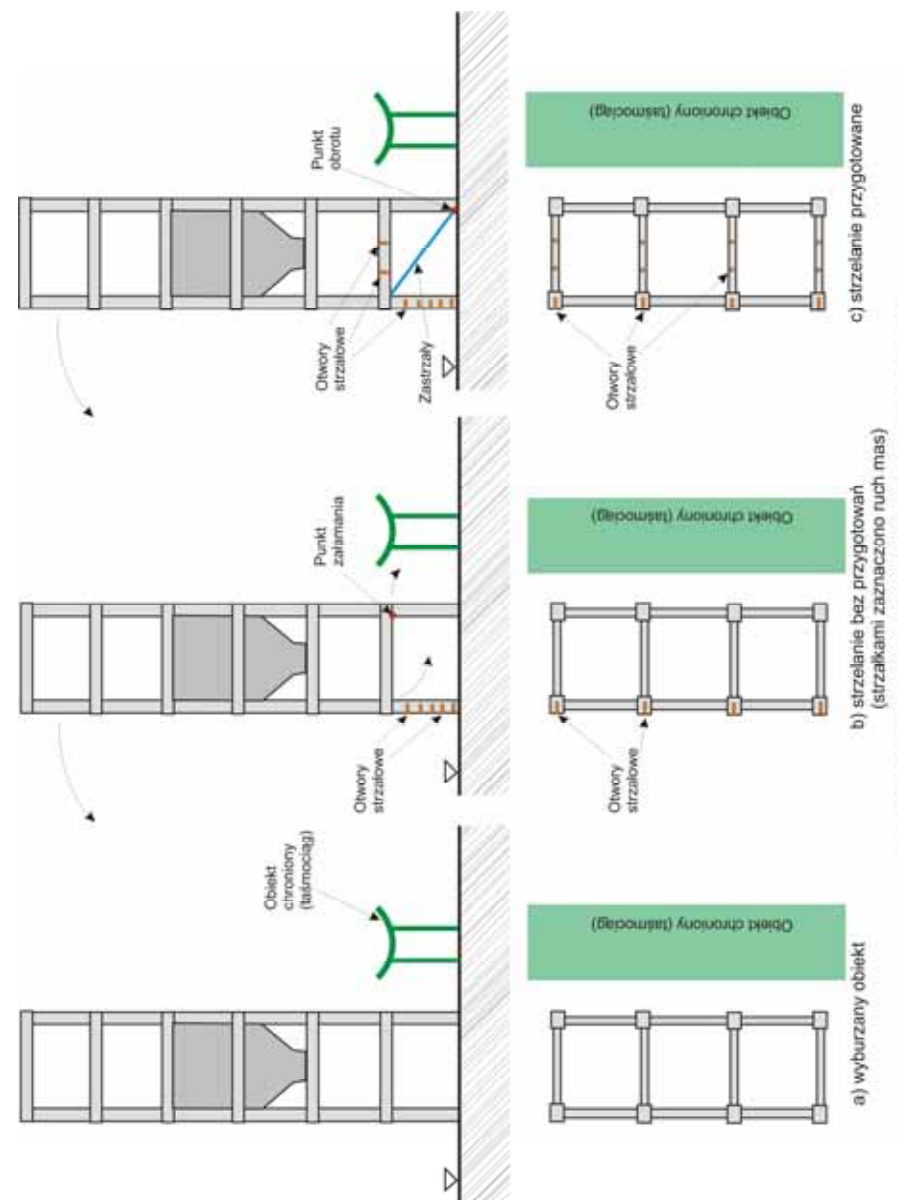
- obalania komina na wały i poduszki;
- wykonywania rowów przeciwejsmicznych;
- obalania komina na budowle istniejące w pobliżu, przeznaczone do przyszłej likwidacji;
- rozcinania skróconego komina płaszczyzną pionową i obalania każdej części z osobna;
- składania komina (strzelanie dwoma włomami: na dole i w połowie wysokości), dzięki czemu część górna pada na dolną i znaczna część energii wytraca się na destrukcję płaszcza komina;
- skracania komina;
- sztucznego zmniejszania smukłości;
- zwiększania wytrzymałości stopy podporowej;
- oceny jednorodności wytrzymałościowej stopy podporowej;
- stosowania włomu wtórnego (włomu bezpieczeństwa).

Większość tych zabezpieczeń wykonuje się przy obalaniu kominów żelbetowych. Komin [17] ceglany (zbudowany z tworzywa nieciąglego) zachowują się w sposób trudniej przewidywalny jeśli idzie o kierunek i zasięg upadku, natomiast ich parasejsmiczne oddziaływanie na otoczenie — ze względu na inny rodzaj upadku — jest znacznie mniejsze.

W przypadku obalania kominów można zidentyfikować [17] wszystkie zagrożenia i w sposób celowy im przeciwdziałać. Mimo że jest to operacja niekiedy bardzo trudna, można uznać, że praktycznie możliwe jest obalenie metodą wybuchową każdego komina.

5.2.2. Obalanie innych obiektów

Wieże basztowe lub zbudowane na słupach obalają się przez klasyczne podcięcie. W tym przypadku potrzebna jest analiza wytrzymałościowa, bowiem skomplikowany układ momentów sił wyznacza punkty złamania belek i słupów oraz obserwuje się swoiste „cofanie” obiektu obalanego. W przypadku gdy w bardzo bliskiej odległości znajdują się obiekty chronione, należy stworzyć taki układ sił, by cofanie się obiektu obalanego było niemożliwe. Ponieważ po upadku poziome belki staną się prostopadłymi do ziemi „słupami” tworzącymi skomplikowany i nieprzewidywalny układ sił, należy je przestrzelić z pewnym opóźnieniem podczas obalania (by straciły sztywność) danego obiektu. Po upadku belki takie nie będą przenosiły sił prostopadłych do powierzchni terenu i nie będą oddziaływać poprzez nienaruszone słupy tylne na chronioną przestrzeń znajdującą się za linią obrotu. Proste rozwiązanie obalania obiektów z tego zakresu przedstawiono na rysunku 2. W innych, bardziej skomplikowanych przypadkach raczej należy stosować likwidację danego obiektu z zastosowaniem odpowiednich filarów oporowych (ochronnych), które uniemożliwią ruch lub upadek wielkich mas w kierunku obiektów chronionych.



Rys. 2. Obalanie wysokich obiektów żelbetowych o budowie słupowej

5.3. Likwidacja wysokich obiektów wielkośrednicowych

Obiekty wielkośrednicowe charakteryzują się stosunkiem wysokości do średnicy zbliżonym do wartości 2 lub nieco mniejszym. Kolejną cechą charakterystyczną są cienkie, ale dobrze zbrojone ściany oraz wysokość sięgająca kilkudziesięciu metrów. Do tego typu obiektów zalicza się:

- chłodnie kominowe o specyficznej budowie (wysokość ponad 100 m, średnica u podstawy ponad 70 m);
- zbiorniki węgla surowego z budową „dwa w jednym” (tłok i cylinder);
- silosy wapna, cementu i inne.

Tylko te ostatnie nadają się do kierunkowego obalenia po prostszych robotach przygotowawczych, pozostałe wymagają odpowiednich przygotowań. Znaczna masa (do 10 tys. Mg) powoduje, że oddziaływanie ich upadku na otoczenie może być szkodliwe, a sposób budowy wyklucza naruszenie ich struktury bez odpowiedniej analizy. Często system transportowo-załadowniczy jest równocześnie konstrukcją nośną dachu i wyklucza nieprzemyślny podział, jak w zbiornikach węgla surowego. Wewnętrzna, zwykle potężna konstrukcja żelbetowa („swoisty tłok”) uniemożliwia obalenie nawet po umiejętnym, pionowym rozcięciu płaszcza („cylindra”).

Obalenie silosów, w których stosunek wysokości do średnicy sięga wartości 2, jest stosunkowo proste: przy średnicy wynoszącej 15 m i wysokości 30 m należy wykonać włom o wysokości około 5 m (zakładając, że linia obrotu znajdzie się na 10 m licząc od przodu zbiornika). Aby uniknąć ogromnej liczby otworów koniecznych do likwidacji strefy włomowej, część ścianek znajdujących się w strefie włomowej można usunąć wcześniej metodami strzałowymi lub mechanicznymi z całkowitym wypaleniem odsłoniętych zbrojeń. W takiej sytuacji zbiornik wspiera się na nienaruszonej tylnej strefie podporowej oraz na kilku przednich słupach o wysokości do 5 m, grubości równej grubości ścian zbiornika (zwykle 30÷40 cm) oraz szerokości 3÷4 m. Przednie słupy rozstrzeliwuje się w kilku poziomych pasach, co wystarcza do obalenia zbiornika, tym bardziej, że można go naruszyć pionową linią cięcia z przodu, tak by po uderzeniu tą częścią o ziemię ulegał dalszemu miażdżeniu. Natomiast jakiegokolwiek naruszenie ścian zbiornika znajdujących się w strefie podporowej (tylnej) spowoduje, że po dynamicznym przeniesieniu obciążenia po strzale na strefę podporową zbiornik „siądzie” i całą procedurę trzeba będzie powtarzać w gorszych już warunkach, bo stosunek wysokości do średnicy znacznie się pogorszy i może dojść do takiej sytuacji, że likwidacja zbiornika możliwa będzie tylko przez stopniowe jego odstrzelywanie i stopniowe „siadanie” aż do całkowitej likwidacji.

Obalenie innych obiektów wielkośrednicowych, w których możliwe jest dokonanie podziału płaszczyznami pionowymi lub ukośnymi [16] odbywa się przez klasyczne podcięcie, pod warunkiem, że płaszczyzna podziału nie naruszy struktury nośnej dachu. Stąd konieczna jest wizja lokalna i dokładna ocena układu belek stalowych lub nośnego systemu kratowniowego, tak by płaszczyzna cięcia nie była prostopadła do belek lub kratownicy. W przypadku braku stalowego systemu nośnego, linia cięcia musi być równoległa do głównych, żelbetowych belek nośnych, których naruszyć nie wolno.

Obalenie żelbetowych chłodni kominowych jest procesem trudnym nie ze względu na możliwości techniczne, lecz z uwagi na oddziaływanie tego procesu na najbliższe otoczenie, szczególnie na najbliższe chłodnie. Powierzchnia boczna chłodni kominowej ma kilka tysięcy m². Wygenerowanie powietrznej fali uderzeniowej o nadciśnieniu kilkuset Pa może doprowadzić do uszkodzenia sąsiednich chłodni. Przy likwidacji chłodni kominowej z zastosowaniem kilku tysięcy ładunków i kilkuset kg MW rozłożonego na dużej powierzchni generuje się PFU o znacznej amplitudzie. Upadek może być synchronizowany i nie stanowi największego z zagrożeń; najważniejszym jest wielkość nadciśnienia w PFU. Analizując budowę chłodni i jej miejsca newralgiczne, bez większych trudności można znaleźć właściwą technologię, większym natomiast problemem jest zastosowanie odpowiedniego i niezawodnego sposobu inicjacji kilku tysięcy ładunków. Dlatego w praktyce należy stosować podwojony lub potrojony system wybuchowego rozcinania żelbetowego płaszcza, przy świadomości, że nawet jedna nitka strzałowa z trzech (gdyby pozostałe dwie zawiodły) wykona zadanie — co prawda przy znacznej liczbie niewypałów, ale bez katastrofy budowlanej.

5.4. Likwidacja obiektów wieloprzestrzennych lub „trudnych”

Obiekty zaliczone do tej grupy posiadają dużą kubaturę (nieraz ponad 100 tys. m³), wysokość zbliżoną do szerokości i długość nieraz ponad dwa razy większą od wysokości. Nierzadko w pobliżu znajdują się obiekty podlegające szczególnej ochronie: przeszklone budynki, rurociągi, sieci energetyczne itp. Obiekty tego typu metodami strzałowymi można likwidować w dwojaki sposób:

- 1) przez podział na części płaszczyznami pionowymi i obalenie poszczególnych części,
- 2) za pomocą strzelania kaskadowego [12], rozłożonego w czasie, ale obejmującego całą substancję żelbetową obiektu.

Podział obiektu na części (dwie lub nawet kilkanaście) odbywać się musi z zachowaniem następujących warunków:

- każda z powstałych części musi być samodzielna statycznie;
- każda z części musi posiadać wymiary pozwalające na obalenie przez klasyczne podcięcie;
- wielkość drgań wygenerowanych strzelaniem lub powstałych po upadku części obiektu nie może zagrażać otoczeniu (prognozowana i uzyskana wielkość drgań musi być niższa od wielkości dopuszczalnych);
- obalenie części musi odbywać się według zasad dotyczących obalania obiektów wysokich, szczególnie bez naruszania stateczności części pozostających do późniejszego obalenia;
- pomiędzy częścią obalaną i pozostałymi nie może istnieć żaden łącznik przenoszący siły poziome, gdyż może to doprowadzić do zdarzeń niebezpiecznych dla ludzi i otoczenia; dlatego po wydzieleniu części wskazana jest kilkukrotna (prowadzona przez różne osoby) kontrola przepalenia zbrojeń, rur, kątowników itp. znajdujących się pomiędzy częściami obiektu.

Zastosowanie strzelania kaskadowego możliwe jest wtedy, gdy obiekt posiada określoną budowę żelbetonową, słupową — przynajmniej do pewnej wysokości. Ideą tego rodzaju strzelania jest niszczenie wybuchowe wszelkich węzłów nośnych i podpór w sposób zorganizowany, rozłożony w długim czasie (nawet do 7,5 s), tak by gęstość energii przypadająca na jednostkę czasu była stosunkowo mała, a przekazywanie podłożu energii upadku obiektu było również rozłożone w czasie (kilka sekund). Oddziaływanie strzelania i upadku jest relatywnie małe — dla przykładu, obiekt o masie 25 tys. Mg i wysokości 45 m, likwidowany z użyciem blisko 700 kg MW, oddziałuje na otoczenie tak, jakby odpalano natychmiastowo kilka kg, a masa obiektu nie przekraczała 1 tys. Mg. Ten system strzelania pozwala na radykalne niszczenie węzłów (skrzyżowania belek ze słupami) znajdujących się wewnątrz likwidowanego obiektu, bowiem odpalanie nad powierzchnią chroni przed dużymi drganiami, odpalanie wewnątrz tworzywa zabezpiecza przed nadciśnieniem w PFU, a ściany obiektu chronią przed rozrzutem odłamków. Metoda ta jest szybka, ale wymaga dużej wiedzy i umiejętności od kierownika robót strzałowych; jest jednak tania i bezpieczna.

5.5. Likwidacja obiektów stalowych

Istnieje znaczna grupa obiektów nie tylko górniczych, których podstawową konstrukcją są stalowe słupy nośne i stalowe belki: zbiorniki kamienia (Jaworzno, Moszczenica), załadownie produktów handlowych (Kaczyce), zakłady przeróbcze (Szombierki, Radzionków), wieże szybowe (Kaczyce), zwałowarki i koparki (Machów) itp.

Istnieją dwie metody likwidacji takich obiektów:

- 1) cięcie stali ładunkami kumulacyjnymi dla przecięcia ciągów (Machów, Częstochowa) lub słupów stalowych nośnych (Kaczyce);
- 2) odslanianie fundamentów słupów nośnych, przepalanie stali w słupach przednich (z pozostawieniem wkładek dystansowych, żeby nie wytwarzać wielkich naprężeń) i rozbijanie metodami strzałowymi [16] żelbetonowych podpór uprzednio przepalonych słupów (Kaczyce, Jaworzno, Moszczenica, Radzionków).

Metoda pierwsza stosowana jest głównie przez specjalistów wojskowych, którzy opalali w dobrym zakresie produkcję odpowiednich ładunków kumulacyjnych i metodę tę przetestowali na wielu obiektach („szkoła wrocławska”). Sposób drugi jest stosowany głównie przez specjalistów z doświadczeniem górniczym, obytych ze strzelaniem w skałach, w tym i w żelbecie — dla nich strzelanie w żelbecie jest bardziej naturalne. Obie metody mają swoje wady i zalety. Przy likwidacji obiektów stalowych (koparki, zwałowarki) posiadających powiązany układ stalowych ciągów jedyną poprawną metodą jest stosowanie ładunków kumulacyjnych dla odcięcia wysięgników lub dla przecięcia ciągów utrzymujących w równowadze wysięgniki: naczynia urabiającego i przeciwwagi.

Metoda kumulacyjnego cięcia stali ma pewne mankamenty, a mianowicie:

- trzeba starannie planować kierunki działania strumienia kumulacyjnego, gdyż duża prędkość stalowych cząstek stanowi zagrożenie rozrzutem (trzeba dokładnie osłaniać lub tak ustawiać ładunki, by strumień był skierowany w dół lub w kierunkach bezpiecznych);
- ładunek odpalany na powierzchni wytwarza silną falę uderzeniową i akustyczną;

- jakość i jednorodność polskich MW plastycznych jest niska, detonacja nie jest stabilna i ma małą prędkość, a skutki działania ładunku są zmienne;
- niedokładność zadziałania zapalników może spowodować zmianę położenia ładunków względem przecinanego przekroju.

W niektórych przypadkach jest to jednak jedyne bezpieczne dla ludzi rozwiązanie.

5.6. Rozwiązania niestandardowe

Przedstawione uprzednio metody standardowe nie zawsze mogą znaleźć zastosowanie w odniesieniu do obiektu rzeczywistego, zaskakującego nietypową konstrukcją lub położeniem w terenie. Często bywa tak, że jest tylko jedno dopuszczalne rozwiązanie, wszystkie pozostałe są albo niebezpieczne, albo drogie, albo zbyt czasochłonne. Znalezienie rozwiązania optymalnego zależy przede wszystkim od wiedzy, doświadczenia i samodzielności myślenia projektanta.

Dla uzyskania rozwiązania co najmniej dobrego należy:

- wyszukać elementy strzelania (likwidacji) zagrażające obiektom chronionym;
- znaleźć sposoby neutralizacji zagrożeń (jarzmo, podpora, lina, zastrzał, wał, nasyp, rów, sposób czy kolejność odpalania itp.);
- zsynchronizować wszystkie metody ochrony z technologią wyburzenia;
- w sytuacjach wyjątkowo trudnych sporządzać modele i na nich sprawdzić działanie i poprawność planowanego rozwiązania.

Nietypowe rozwiązania zastosowano m.in. [16]:

- podczas obalania komina w Jaworznie (upadek na likwidowaną maszynownię strzelaną wówczas z opóźnieniem);
- podczas likwidowania komina w Pątnowie (po skróceniu komina i wypełnieniu jego środka do 15 m wysokości podzielono komin na dwie części płaszczyzną pionową i dla zmniejszenia drgań, po czym obalano każdą część z osobna, z tym że po obaleniu części pierwszej wybrano z odsłoniętego środka wrzucony tam uprzednio gruz);
- podczas obalania zbiornika w EC „Szombierki”, posiadającego wspólną ścianę z garażem, przylegającego do obiektu chronionego i posiadającego wzdłuż (po spodem) czynną linię kolejową — żaden z tych obiektów nie mógł być uszkodzony;
- podczas likwidacji zbiornika naftalenu w HTS (po odcięciu ostróg zagrażających rurociągom wybuchowo odcięto słupy zewnętrzne, pozostawiając zbiornik na 4 słupach wewnętrznych, które zlikwidowano wybuchowo, sadzając zbiornik w miejscu);
- podczas likwidacji cechowni w Jaworznie (ze względu na bliskość zasilania kopalni — posadowienie w miejscu z późniejszym kierunkowym obaleniem ściany ceglanej końcowej);
- podczas obalania klatki schodowej w Tarnowie (obalenie wzdłuż dłuższego boku z blokadą przeciwpoślizgową po upadku, bowiem zapas wolnego miejsca wynosił tylko 2,2 m przy wysokości klatki 35 m i masie 750 Mg, a odległość upadku klatki od chronionego przeszklonego obiektu socjalnego wynosiła około 8 m).

6. Odpady budowlane

Podstawowe odpady powstające przy rozbiórce obiektów budowlanych to: gruz ceglany z zaprawą, gruz betonowy, stal, drewno, ceramika, szkło, papa, dachówka, metale kolorowe, tworzywa sztuczne, żeliwo, kamionka, ziemia, azbest itp. [18].

Ilość wytworzonych odpadów w Polsce w 2000 roku przekroczyła 1,5 mln Mg, z czego na Śląsku około 30% tej wielkości [18]. Odpady są klasyfikowane i podlegają określonej procedurze utylizacji lub składowania.

Odpady szkodliwe (zawierające azbest) mają skomplikowaną procedurę usuwania [19]. Część odpadów po recyklingu jest powtórnie wykorzystywana. Postępowanie z odpadami od niedawna jest procesem uciążliwym przez procedury formalno-prawne dotyczące wytwarzania odpadów i ich transportu, uprawnienia firm do rozbierania i transportu oraz składowania odpadów szkodliwych, co znacznie wydłuża proces rozbiórki i podnosi koszty tego procesu. Powoli, ale systematycznie, rozbiórka staje się procesem równie uciążliwym i kosztownym jak budowa nowego obiektu.

Ponadto w robotach rozbiórkowych wystąpią lub mogą wystąpić następujące zagrożenia dla środowiska:

- pylenie (bez względu na sposób rozbiórki),
- zanieczyszczenie substancjami ropopochodnymi (głównie w metodach mechanicznych),
- zanieczyszczenie płynami hydraulicznymi,
- zanieczyszczenie mediami technologicznymi likwidowanego obiektu,
- zanieczyszczenia chemiczne (okładziny kabli, papa, eternit, taśmy przenośnikowe itp.),
- zanieczyszczenia gazami postrzałowymi.

W zasadzie większość tych zanieczyszczeń jest nie do uniknięcia. Szkodliwe media technologiczne powinny być usunięte przez zleceniodawcę przed oddaniem obiektu do likwidacji. Inne zanieczyszczenia (taśmy, płyty itd.) powinny być gromadzone i oddawane do specjalnych punktów ich likwidacji. Jeśli chodzi o gazy postrzałowe, to ich skład chemiczny nie jest skomplikowany; są to głównie dwutlenek węgla i para wodna, natomiast w ilościach śladowych występują tlenek węgla oraz tlenki azotu.

Przy likwidacji wielkich obiektów kopalnianych muszą być rozwiązane problemy:

- likwidacji oprzyrządowania i kabli,
- odzysku urządzeń i silników,
- odzysku i odbioru złomu.

Szczególnie ten ostatni problem staje się groźny, bowiem powszechne na Śląsku ubóstwo prowadzi do powstawania grup rabujących złom z nieczynnych obiektów, wycinających nawet stężenia i zastrzały, co już doprowadziło do kilku wypadków śmiertelnych.

7. Wybór sposobu rozbiórki

W chwili obecnej brak jest zalecanych zasad i wytycznych dotyczących wyboru sposobu rozbiórki. Każda z firm preferuje technologię będącą w jej zasięgu.

Optymalnym rozwiązaniem jest współpraca firm oparta na następujących założeniach:

- likwidacja metodą strzałową wszystkich grubościennych elementów, fundamentów wewnętrznych itp. bez naruszania stateczności obiektu;
- posadowienie metodą wybuchową obiektów wysokich na poziomie terenu;
- mechaniczna likwidacja stali i elementów cienkościennych za pomocą urządzeń mechanicznych (młot, nożyce, kula);
- sukcesywna likwidacja elementów grubościennych i fundamentów metodami strzałowymi;
- porządkowanie rejonu rozbiórki metodami mechanicznymi.

Można więc określić następujące kryteria wyboru technologii rozbiórki:

- bezpieczeństwo wykonawców (ludzi i sprzętu);
- bezpieczeństwo otoczenia;
- stopień prawdopodobieństwa zaistnienia wypadku (ocena prawdopodobieństwa zaistnienia wypadku przy stosowaniu danej metody i analiza wypadkowości w firmach wyburzeniowych);
- czas i koszty wykonania;
- ilość prac na wysokości (za prace na wysokości należy uznać tylko te prace, które prowadzone są w warunkach zagrożenia upadkiem z dużej wysokości; prac na poziomach roboczych dużych obiektów, jak płuczki, suszarnie, flotacje, zakłady przeróbcze, nie należy traktować jako prac na wysokości);
- fachowość, renoma, referencje i umiejętności firmy oferującej konkretną technologię.

Wstępnie można założyć, że roboty rozbiórkowe metodami wybuchowymi powinny dotyczyć:

- obalania kominów wszelkich typów i wysokości;
- obalania wysokich wież (szybowych, przesypowych, kątowych, stalowych i żelbetonowych);
- obalania zbiorników kamienia, kruszarni i suszarni;
- obalania zbiorników węgla surowego (po ich odpowiednim przygotowaniu);
- sprowadzania na poziom terenu obiektów wieloprzestrzennych;
- likwidacji fundamentów maszyn i urządzeń znajdujących się na poziomie terenu, i na poszczególnych poziomach obiektu budowlanego (pod warunkiem dobrego do nich dostępu).

Metodami mechanicznymi (młoty i nożyce) należy likwidować wszystkie elementy płaskie o grubości ścianek do 40 cm, obiekty o wysokości do 22 m, belki i słupy (o ile ich wymiar nie przekracza 0,8 m), obiekty stalowo-ceglane, chłodnie wentylatorowe, mury, ścianki, garaże, warsztaty, zajezdnie itp.

Nie jest zalecane stosowanie techniki strzelniczej w małogabarytowych elementach żelbetowych (duża wartość nadciśnienia w PFU, duży rozrzut i pracochłonność, mała wydajność).

Nie zaleca się stosować strzelania w stali dla obalenia obiektów wysokich, jeśli te obiekty mają fundamenty, których rozbicie daje pewność obalenia konstrukcji stalowej; to samo dotyczy podpór mostów i nośnic, jeśli warunki terenowe na to pozwalają.

Strzałowa procedura górnicza, doskonalona w ciągu kilku wieków, powoduje, że wypadkowość w tego typu pracach jest najniższa.

8. Bezpieczeństwo prac

Bezpieczeństwo wykonywanych prac (ludzi i otoczenia) zależy od dwóch czynników:

- 1) wyboru optymalnej, poprawnie zaprojektowanej i starannie zrealizowanej technologii;
- 2) kompetencji, odpowiedzialności i fachowości osób prowadzących i nadzorujących roboty rozbiórkowe.

Trzeba powiedzieć, że wyraźnie nie sprzyjają bezpieczeństwu następujące problemy:

- uprzedzenie wobec metod strzałowych;
- długa procedura uzyskiwania pozwolenia na rozbiórkę i wynikający z tego pośpiech w dalszych działaniach;
- zatwierdzanie i kierowanie do realizacji nie konsultowanych lub nie ocenianych projektów, źle wykonanych lub słabo udokumentowanych poprawnymi obliczeniami i prognozami;
- niska niekiedy fachowość firm lub osób wykonujących prace rozbiórkowe według danej technologii;
- stosowanie zawsze tylko jednej metody rozbiórki;
- wadliwy system prawny, rutyna (przykładem mogą być trudności z uzyskaniem pozwolenia na strzelania na powierzchni kopalni metanowej, podczas gdy uzyskano zgodę na prowadzenie prac spawalniczych na powierzchni tejże kopalni).

9. Podsumowanie

Na obecnym etapie rozwoju i znajomości [20, 21] środków strzałowych, oddziaływania detonacji MW [22], techniki strzelniczej, metod pomiarowych, sposobów prognozowania skutków [23] możliwa jest bezpieczna dla ludzi i otoczenia likwidacja różnych obiektów budowlanych metodami strzałowymi lub strzałowo-mechanicznymi (z zastosowaniem odpowiednich maszyn). Istnieją dopracowane i sprawdzone technologie likwidacji wybuchowej okreś-

lonych grup obiektów, które podano w referacie. Istnieją i zostały sprawdzone w praktyce metody prognozowania wielkości podstawowych zagrożeń powstających podczas prowadzenia robót strzałowych. Na podstawie tych prognoz można przedsięwziąć odpowiednie środki zaradcze, także rozwiązania indywidualne, nietypowe, i stworzyć taki sposób wybuchowej rozbiórki obiektu, by był on bezpieczny dla ludzi i otoczenia. W odniesieniu do robót wyburzeniowych prowadzonych metodą wybuchową może być całkowicie adaptowana stara zasada lekarzy: *primum non nocere*.

Istniejący system prawny dotyczący tej problematyki uważam za wadliwy, bowiem zawiera szereg chybionych rozwiązań, odwołuje się do technik od dziesięcioleci nie stosowanych (inicjacja lontem wolnopalnym ze spłonką), zaleca rozwiązania nielogiczne, sprzeczne z praktyką, co więcej — pomija sprawdzone przez wiele lat rozwiązania górnicze. Rozwiązania idą w kierunku rozbudowywania procedur formalnych z pominięciem faktycznej wiedzy wykonawców i ich odpowiedzialności za skutek końcowy. Traktowanie rozbiórki metodą wybuchową (procesu dynamicznego) tak samo jak budowy (procesu mimo wszystko statycznego) prowadzi do swoistych paradoksów. Proces wydawania decyzji powinien być uproszczony. Należy wrócić do starej zasady, że właściciel (zleceniodawca) wyraża zgodę na sposób rozbiórki. On i jego pracownicy przed wyrażeniem zgody sprawdzą wielokrotnie wszystkie aspekty sprawy, a wykonawca musi go przekonać, że potrafi tę rozbiórkę przeprowadzić bezpiecznie. Metoda ta była praktykowana w Hucie im. T. Sendzimira przez kilkanaście lat, a obrona projektu trwała nieraz i kilka godzin.

Wskazane jest nie tylko szersze korzystanie przez OUG, przed wydaniem decyzji, z opinii rzeczoznawców, ale także i skrócenie czasu wydawania decyzji do dwóch tygodni. Inspektor nadzoru strzałowego HTS opiniował takie projekty w ciągu 3 dni, a poprawki czynione były natychmiast. Projekt rozbiórki powinien więc być analizowany i zatwierdzany nie tyle pod kątem formalno-prawnym, lecz głównie z uwagi na poprawność merytoryczną.

LITERATURA

- [1] *Sulima-Samujllo J.*: Materiały wybuchowe oraz środki zapalające i inicjujące stosowane w górnictwie. Skrypty uczelniane nr 119, Kraków 1968
- [2] *Sulima Samujllo J.*: Inżynieria strzelnicza. Cz. III. Skrypty uczelniane nr 673, Kraków 1979
- [3] *Lewicki J.*: Krakowska szkoła strzelań wyburzeniowych, Materiały „Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2002”, Kraków 2002
- [4] Ustawa z dnia 21 czerwca 2002 roku o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego (D.U. Nr 117, poz. 1007)
- [5] Rozporządzenie Ministra Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych z 28 marca 1972 roku (Dz.U. Nr 13, poz. 93)
- [6] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 lipca 1999 roku w sprawie rozbiórek obiektów budowlanych wykonywanych metodą wybuchową (Dz.U. Nr 64, poz. 737)
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 lipca 2001 roku w sprawie samodzielnych funkcji w budownictwie wykonywanych z użyciem materiałów wybuchowych (Dz.U. Nr 92, poz. 1026)
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 9 maja 2003 roku zmieniające Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 lipca 2001 roku w sprawie samodzielnych funkcji w budownictwie wykonywanych z użyciem materiałów wybuchowych (Dz.U. z 3 czerwca 2003 r. Nr 98, poz. 900)
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. z 19 marca 2003 r. Nr 47, poz. 401)

- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 roku w sprawie rozbiórek obiektów budowlanych wykonywanych metodą wybuchową (Dz.U. Nr 120, poz. 1135)
- [11] Ustawa z 4 lutego 1994 roku Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. Nr 27, poz. 96)
- [12] *Lewicki J.*: Strzelanie kaskadowe — bezpieczna metoda likwidacji wieloprzestrzennych obiektów górniczych. Materiały „Szkoly Eksploatacji Podziemnej 2002”, Kraków 2002
- [13] *Kuznecov G.V.*: Sejsmiceskaja bezopasnost' sooruzenii pri vzrywnych rabotach na kar'erach. Gornyj Zurnal, nr 4, 1971
- [14] *Andrzejewski J.*: Zastosowanie techniki strzelniczej w pracach wyburzeniowych, technologia wykonywania prac, zagrożenia i metody ich ograniczenia. AGH, Kraków 1991 (praca dyplomowa)
- [15] PN-85/B-02170: Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki
- [16] Opracowania dokumentacji strzelania i warunków bezpiecznego wyburzania metodami wybuchowymi różnych obiektów w latach 1985–2004 (ponad 230 opracowań, kilkaset obiektów), Kraków 1985–2004 (prace niepublikowane)
- [17] *Chudzikiewicz M.*: Analiza zagrożeń i zjawisk przy obalaniu kominów metodą wybuchową. AGH, Kraków 2004 (praca dyplomowa)
- [18] *Baran M.*: Możliwości wykorzystania materiałów i odpadów budowlanych pochodzących z wyburzeń. AGH, Kraków 2004 (praca dyplomowa)
- [19] *Saletra J.*: Technologia i procedury likwidacji obiektów kopalnianych zawierających odpady szkodliwe dla środowiska. AGH, Kraków 2003 (praca dyplomowa)
- [20] *Batko P. i in.*: Technika strzelnicza. T. 1. Górnicze środki strzałowe i sprzęt strzałowy. UWND, Kraków 1998
- [21] *Novotny M., Brebera S., Sedlacek S.*: Teorie vybusin. WSCH-T Pardubice, 1979
- [22] *Staniukowicz K.P.*: Fizika vzryva, Nauka, Moskwa 1975
- [23] *Onderka Z., Sieradzki J., Winzer J.*: Wpływ robót strzelniczych na otoczenie kopalń odkrywkowych. UWND, Kraków 2003

Zatwierdzono do druku: 17.09.2004 r.