

*Tomasz Salaciński**

PRAKTYCZNE ASPEKTY OCENY ZAGROŻEŃ ZE STRONY GÓRNICZYCH MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH**

Artykuł do dyskusji***

1. Wprowadzenie

W obszarze zastosowań materiałów wybuchowych (MW) do celów cywilnych obserwuje się silne, niekiedy przeciwstawne trendy, np. z jednej strony stosuje się górnicze MW nie zawierające typowych MW kruszących, np. emulsyjne MW (MWE), a z drugiej prowadzone są prace nad intensyfikacją wykorzystania do celów cywilnych MW pochodzących z demilitaryzacji (np. [1]). Podobnie, z jednej strony określa się precyzyjnie skład GMW, a z drugiej stosuje się w nich składniki o nie do końca znanej i powtarzalnej zawartości pierwiastków aktywnych w procesie wybuchu, jak tlen, węgiel, azot, wodór — np. azotan(V) celulozy, mączkę drzewną, emulgatory MWE. Determinuje to konieczność uwzględniania w pracach rozwojowych możliwości wystąpienia zagrożeń w skali lub o charakterze niespotykanym dla typowych GMW. Metody oceny zagrożeń stwarzanych przez GMW, szczególnie dotyczące klasyfikacji transportowej, powinny w jak najszerszym zakresie uwzględniać taką możliwość. Skłania to do nieustannego podnoszenia wymagań wobec metodyki badań oraz wiedzy o GMW.

Ponieważ system klasyfikowania zagrożeń ze strony MW wynika z realizacji zapisów ustawowych, zatem pierwszym obszarem, w którym możliwe jest podnoszenie jakości oceny zagrożeń GMW, jest doskonalenie metod realizacji istniejących przepisów wykonawczych do ustaw o MW, np. [2, 3]. Tym bardziej, że chociaż ogólnie uznaje się, iż wartości liczbowe

* Instytut Przemysłu Organicznego, Warszawa

** Artykuł opracowano w ramach projektu badawczego nr 4 T09B 06325 finansowanego przez KBN

*** Autor na podstawie wyników badań wskazuje na ryzyko wynikające ze stosowania wymaganej w normach liczebności prób przy wykonywaniu oceny GMW pod względem bezpieczeństwa. Artykuł powinien zainicjować dyskusję w tej sprawie

wprowadzone w regulacjach prawnych mają określoną „niepodważalną” wartość, to jednak nie zwalnia to z ich oceny z inżynierskiego punktu widzenia, gdyż są to takie same wyniki obliczeń lub pomiarów jak każde inne, tzn. istnieją związane z nimi niepewności i błędy.

2. Aparatura i materiały

Wrażliwości na uderzenie oznaczano przy użyciu kafara Kasta produkcji „GAMRAT” Jasło, a badaniom poddano próbki:

- D1: dynamit POLADYN 21 produkcji ZTS NITRON SA. W serii 1 badano próbkę z naboju będącego w okresie dopuszczenia do użytku, natomiast w serii 2 — próbkę pochodzącą z tego samego naboju, który badano w serii 1, po około półrocznym składowaniu w szczelnym opakowaniu w temperaturze pokojowej;
- D2 i D3: próbki laboratoryjne niesuszonego heksogenu, odpowiednio drobnokrystalicznego (90% udziału objętościowego poniżej 0,1 mm) i grubokrystalicznego (90% udziału objętościowego powyżej 0,1 mm). Serie 1 i 2 próbek D2 i D3 wykonano w tych samych okresach, w których badano odpowiednio serie 1 i 2 próbki D1.

Warunki oznaczenia wrażliwości na uderzenie spełniały wymagania normy [4].

3. Wrażliwość na bodźce mechaniczne

W pracach [5, 6] przeanalizowano różne aspekty niepewności oznaczenia wrażliwości na uderzenie. W tabeli 1 przedstawiono przykładowe wyniki własnych oznaczeń wrażliwości na uderzenie, mające zobrazować możliwości zróżnicowania rezultatów tego typu oznaczeń. Wyniki oznaczenia wrażliwości na uderzenie dla próbek D2 w serii 1 i serii 2 (odpowiednio wrażliwość: 10 i 7,5 J) prezentują typową, akceptowalną „rozdzielczość metody”, tzn. spodziewany błąd oznaczenia wynosi ± 1 poziom wartości energii uderzenia w stosunku do wartości literaturowej, np. dla suchego heksogenu podawana jest wrażliwość 5 J [7] oraz 7,5 J [8]. W praktyce możliwe są rozbieżności większe niż 1 poziom, mimo postępowania zgodnego z ogólnie przyjętymi zasadami. W serii 1 badań próbki D1 zaobserwowano, że po uzyskaniu wyniku 0/6 (0 wybuchów na 6 powtórzeń próby) dla energii uderzenia młota 5 J uzyskano wybuchy dla jeszcze niższych energii 3 J (2/6) i 4 J (1/6). Postępując zgodnie z normą [4] i kierując się od energii wyższych do niższych, uzyskano by wrażliwość 7,5 J, tzn. badanie w zakresie 3÷5 J nie byłoby konieczne. Tymczasem rzeczywiste zagrożenie dla próbki D1 lepiej oddaje wrażliwość 3 J (seria 1).

Wyniki serii 2 próbki D1 — abstrahując od kwestii procesów starzeniowych — wskazują na generalną obserwację praktyczną, że liczba wybuchów w kolejnych oznaczeniach dla danej próbki GMW, mimo wykonania ich w tych samych warunkach eksperymentalnych, może znacznie różnić się między sobą, np.: dla energii 4 J w serii 1 liczba spodziewanych wybuchów wynosi tylko około 17%, a w serii 2 jest prawie trzykrotnie większa (50%).

TABELA 1

Wyniki eksperymentalne wrażliwości na uderzenie

Energia uderzenia, J	Próbka D1		Próbka D2		Próbka D3	
	seria 1	seria 2	seria 1	seria 2	seria 1	seria 2
	Liczba wybuchów/liczba powtórzeń próby					
1	0/6	0/6	–	–	–	–
2	0/6	0/6	–	–	–	–
3	2/6	0/6	0/6	0/6	–	–
4	1/6	3/6	0/6	0/6	0/6	0/6
5	0/6	1/6	0/6	0/6	0/6	0/6
7,5	1/6	3/6	0/6	1/6	0/6	0/6
10	1/6	3/6	3/6	5/6	0/6	0/6
15	3/6	–	5/6	6/6	3/6	3/6
20	–	–	6/6	–	2/6	2/6
25	–	–	–	–	2/6	3/6

Brak zaobserwowania wybuchu przy energii 5 J dla próbki D1 w serii 1 może wynikać z powodów statystycznych. Skoro dla niższej (4 J) i wyższej (7,5 J) energii uderzenia młota uzyskano tylko po jednym wybuchu na 6 powtórzeń próby, to można przyjąć, że dla uderzenia 5 J powinno się uzyskać co najmniej 1 wybuch na 6 prób. Sumując, na 18 powtórzeń (po 6 powtórzeń dla 3 J, 4 J i 5 J) można oczekiwać 3 wybuchów. Są zatem możliwe statystycznie wyniki, jakie uzyskano w serii 1 próbki D1, tzn. możliwy jest inny rozkład oczekiwanych 3 wybuchów niż dający wynik 1/6 dla każdej z energii 3 J, 4 J i 5 J. Skrajnie niekorzystny przykład nierównomiernego rozkładu wybuchów to: dla 3 J — wynik 3/6, dla 4 J — wynik 0/6, i dla 5 J — wynik 0/6. Praktycznym wyrazem eliminacji opisanego powyżej zagrożenia — szczególnie istotnego w przypadku GMW zawierających nitroglicerynę lub charakteryzujących się obszarem wrażliwości 1 wybuch na 6 prób — jest rozszerzenie zakresu prób w kierunku kolejnych kilku niższych energii uderzenia, mimo braku wybuchów, tak jak w tabeli 1 dla energii 1 J i 2 J dla próbki D1. Szczególne znaczenie zakresu wrażliwości 1÷3 J dla klasyfikacji wg przepisów ADR przedstawiono w rozdziale 6.

Na przykładzie wyników badań próbek D2 i D3 zobrazowano praktycznie spotykaną prawidłowość, iż wynik badania zależy także m.in. od postaci fizycznej, w jakiej jest badany MW. Ponieważ warunki badań wrażliwości na bodźce mechaniczne niekiedy wymagają rozdrobnienia próbki, zatem, z praktycznego punktu widzenia, ocena zagrożeń stwarzanych przez materiały badane w ten sposób powinna opierać się na określeniu wpływu rozdrobnienia na wynik badania.

4. Współczynnik zagrożenia

Współczynnik zagrożenia R_z jest wielkością bezwymiarową, przedstawia się wzorem [2, 3]

$$R_z = 4,71 \cdot 10^{-4} \cdot (Q \cdot V)^{0,5} \quad (1)$$

gdzie:

$4,71 \cdot 10^{-4}$ — wartość wyrażenia $(Q \cdot V)^{0,5}$ dla heksogenu (RDX):
gęstość $1,8 \text{ g/cm}^3$, $Q = 6091 \text{ kJ/kg RDX}$, $V = 741,5 \text{ dm}^3/\text{kg RDX}$ [9]

Q — ciepło wybuchu MW [kJ/kg MW],

V — objętość właściwa produktów wybuchu MW [$\text{dm}^3/\text{kg MW}$].

R_z oblicza się nie tylko dla typowych MW [10], ale i dla mieszanin powstających podczas produkcji MW, np. pentrytu i RDX [11]. Stosowanie R_z do określania odległości bezpiecznych L_d jest typowym polskim rozwiązaniem. W pracy [12] dokonano porównania metod wyznaczania L_d w różnych krajach.

Jak przedstawiono w tabeli 2, na przykładzie danych literaturowych 1-metylo-2,4,6-trinitrobenzenu (trotyl, TNT), nawet dla jednoskładnikowych MW możliwe są rozbieżności w ocenie ciepła wybuchu i objętości gazów postrzałowych (R_z od 0,86 do 0,73).

TABELA 2

Zestawienie danych dotyczących Q i V oraz obliczeń własnych R_z dla TNT

Ciepło wybuchu, kJ/kg	Objętość gazów, dm^3/kg	Źródło	R_z wg wzoru (1)
4476	740	[13]	0,86
4533	730	[14]	0,86
5087	622	[15]	0,84
4188	740	[11]	0,83
5066	620	[16]	0,83
5403	567	[17]	0,82
5360	567	[18]	0,82
3646	825	[7]	0,82
4270	622	[15]	0,77
4182	567	[17]	0,73
4264	567	[17]	0,73

Wyboru danych do tabeli 2 dokonano na podstawie użycia przez autorów cytowanych prac określić „ciepło wybuchu” (*heat of explosion*) oraz „objętość gazowych produktów wybuchu” (*volume of explosion gases*). Zwykle autorzy nie podawali założeń, przy których uzyskali dany wynik, podczas gdy można się spodziewać, iż prezentowane w tabeli 1 rozbieżności są skutkiem właśnie dowolności wyboru założeń wykorzystywanych w oblicze-

niach Q i V . Podstawowe założenia w tej materii oraz takie, które z praktycznego punktu widzenia powinny być koniecznie podawane przy każdym wyniku obliczeń Q i V , to stany równowagi produktów wybuchu (tlenków węgla i azotu) oraz model wybuchu (stałe ciśnienie lub objętość). Omówienie kilku algorytmów obliczania składu produktów wybuchu, które dały podstawy do stosowania wzoru (1), przedstawiono w pracy [19]. W związku z proponowanym wprowadzeniem metod opartych na równaniach stanu BKW i H9 [20] należy spodziewać się stosowania w praktyce obliczeń termochemicznych dla GMW założeń jeszcze innych niż dotychczas obowiązujące w [21].

W tabeli 3 zebrano dane literaturowe i obliczone na ich podstawie wartości R_z dla MWE, przyjmując kryteria wyboru Q i V tak jak w tabeli 2.

TABELA 3

Zestawienie danych literaturowych, danych z kart ocen opracowanych przez IPO oraz obliczeń własnych współczynnika zagrożenia R_z dotyczących MWE

Materiał	Producent lub kraj pochodzenia	Ciepło wybuchu, kJ/kg	Objętość gazów, dm ³ /kg	Źródło	R_z wg wzoru (1)
LWC-1 — emulsja zawierająca 3,5% wody: 94%, — pył aluminiowy: 6%	Niemcy	4907	781	[22]	0,92
LWC-2 — emulsja zawierająca 3,6% wody: 96,5%, — pył aluminiowy: 3,5%	Niemcy	4480	818	[22]	0,90
EMULGIT 82 P	WEST SPRENG	4383	774	[23]	0,87
EMULINIT 2	ERG-BIERUŃ	3703	869	[24]	0,84
EMULGIT 42 GP	WEST SPRENG	3502	909	[16]	0,84
KAMNIKTIT E 1	Słowacja	3150	1010	[25]	0,84
EMULINIT 1	ERG-BIERUŃ	3841	799	[26]	0,83
ELMULEXAL	ELMECH RAZVOJ	3520	890	[27]	0,83
EMULGIT 22 P	WEST SPRENG	3454	863	[23]	0,81
EMULGIT 22	WEST SPRENG	3339	881	[23]	0,81
ELMULEX	ELMECH RAZVOJ	3120	925	[27]	0,80
EMULGIT 42 G	WEST SPRENG	3150	900	[23]	0,79
EMULINIT 5	ERG-BIERUŃ	2888	966	[28]	0,79
NITRAM TS 1	Francja	2700	910	[25]	0,74
EMULIT 100	Szwecja	2700	910	[25]	0,74
EMSIT M	Czechy	2880	800	[25]	0,71
		2800	800	[16]	0,70

Ilustrują one fakt, że także w obrębie GMW wieloskładnikowych, w ramach grupy — jak można przypuszczać — o podobnych składach chemicznych, wartości R_z mogą zmieniać się w stosunkowo szerokim zakresie (od 0,7 do 0,9). W odniesieniu do danych zawartych w tabeli 3, podobnie jak w tabeli 2, można spodziewać się różnych założeń leżących u ich podstaw. W stosunku do danych dla TNT w tabeli 3 pojawia się jeszcze jeden, wspomniany we wprowadzeniu w stosunku do emulgatorów MWE, element: dane termochemiczne składników MWE nie zawsze mogą być jednoznacznie określone. Może to prowadzić do różnic w wynikach, jak zostało przedstawione w tabeli 4. Wskazuje ona, że typowy błąd w wyznaczeniu R_z związany z rozbieżnościami w ocenie danych termochemicznych składników MWE wynosi szacunkowo 0,05.

TABELA 4

Porównanie wyników obliczeń R_z uzyskanych w oparciu o [21] i [20]

Materiał wybuchowy*	Obliczenia Q i V wg		Ciepło wybuchu Q , kJ/kg	Objętość gazów V , dm ³ /kg	R_z	ΔR_z
MWE-1	— modelu równania stanu wg [20]	A	3195	966	0,83	0,05
		B	3420	967	0,86	
		C	3040	982	0,81	
	— [21]		3291	960	0,84	
MWE-2 zawierający 5% pyłu aluminiowego	— modelu równania stanu wg [20]	A	3943	901	0,89	0,03
		B	4170	902	0,91	
		C	3840	922	0,89	
	— [21]			884	0,89	
Saletrol-1 94% — NH ₄ NO ₃ 6% — olej	— modelu równania stanu wg [20]	A	3749	981	0,90	0,03
		B	3963	980	0,93	
		C	3690	983	0,90	
	— [21]			972	0,90	
Saletrol-2 91% — NH ₄ NO ₃ 4% — olej 5% — pył aluminiowy	— modelu równania stanu wg [20]	A	4604	895	0,96	0,04
		B	4794	895	0,98	
		C	4580	895	0,95	
	— [21]			898	0,94	

* Dla MWE pełny skład chemiczny jest podany w [20].

5. Odległości bezpieczne

W tabeli 5 zestawiono wyniki obliczeń minimalnej odległości bezpiecznej L_d od obiektów magazynowych i produkcyjnych, m.in. GMW, wg wzorów podanych w [2, 3].

TABELA 5

Propozycja oszacowania błędów oznaczenia minimalnej odległości bezpiecznej w związku z przyjęciem różnych wartości błędu ΔR_z

	R_z (ΔR_z)	$M_x, \text{ kg}$ ($G, \text{ kg}$)	odlegość bezpieczna, m	Obiekt magazynowy															
				nieobwałowany*				obwałowany**				obwałowany							
				10 m < L_d *				500 m < L_d **				10 m < L_d ≤ 80 m				80 m < L_d ≤ 500 m			
		$M_x, \text{ kg}$ ($G, \text{ kg}$)	$L_d =$	$38,25 \cdot P_f^{0,529} \cdot (M_x \cdot R_z)^{1/3}$															
			$\Delta L_{d(k)} =$	$A \cdot R_z^{-2/3} \cdot \Delta R_z$ $A = 12,6225 \cdot P_f^{0,529} \cdot M^{1/3}$															
			$B \cdot R_z^{-0,604} \cdot \Delta R_z$ $B = 5,92416 \cdot P_f^{0,629} \cdot M^{0,396}$																
			$C \cdot R_z^{-0,37} \cdot \Delta R_z$ $C = 2,32659 \cdot P_f^{-1} \cdot M^{0,63}$																
				przy nadciśnieniu P_r , kPa															
		5000	$L_d =$	250	80	60	35	5	3	1	250	80	60	35	35	5	3	1	
				26	47	55	73	206	270	482	nd	19	23	32	nd	116	175	471	
			$\Delta L_{d(k)} =$	1	2	2	3	8	11	20	—	1	1	2	—	2	2	8	
				2	4	5	6	17	22	40	—	2	2	3	—	3	6	17	
		30 000	$L_d =$	3	6	7	9	25	33	60	—	3	3	5	—	5	8	25	
				47	86	100	134	374	490	876 ^{a)}	19	39	47	66	nd	301	484	nd	
			$\Delta L_{d(k)} =$	2	4	4	6	15	20	36	1	2	2	3	—	4	7	—	
				4	7	8	11	31	40	72	2	4	5	7	—	9	15	—	
		5000	$L_d =$	6	11	12	17	46	61	108	3	6	7	10	—	13	22	—	
				33	60	70	93	259	340	607 ^{a)}	12	25	30	43	n.d.	164	256	n.d.	
			$\Delta L_{d(k)} =$	1	1	1	2	5	7	13	0	1	1	1	—	2	3	—	
				1	2	3	4	11	14	25	1	1	2	2	—	3	5	—	
		30 000	$L_d =$	2	4	4	6	16	21	38	1	2	2	3	—	5	8	—	
				59	109	126	168	471	617 ^{a)}	1103 ^{a)}	25	52	62	n.d.	88	452	n.d.		
			$\Delta L_{d(k)} =$	1	2	3	3	10	13	23	1	1	2	—	1	4	—	—	
				2	4	5	7	19	25	46	1	3	3	—	1	8	—	—	
		(24 000)		4	7	8	10	29	38	68	2	4	5	—	2	12	—		

a) — obliczenia L_d i $\Delta L_{d(k)}$ obowiązują zarówno dla *, jak i ** (pozostałe wyniki obliczeń obowiązują tylko dla przypadku *)

n.d. — „nie dotyczy” (uzyskana odległość L_d znajduje się poza zakresem określonym dla danego wzoru).

Tabelę 5 uzupełniono o propozycję rozszerzenia oceny prawidłowości przyjęcia R_z poprzez określenie wpływu błędu ΔR_z na wynik końcowy wyznaczenia L_d , $\Delta L_{d(R_z)}$. Po podstawieniu do wzorów, z tabeli 5 pod wartość G , zależności $G = M_x \cdot R_z$, gdzie: M_x — masa danego MW, kg MW, R_z — współczynnik zagrożenia dla danego MW, zdefiniowany wzorem (1), wyznaczono pochodną funkcji $dL_d(R_z)$ po R_z i określono możliwy błąd wyznaczenia odległości bezpiecznej $\Delta L_{d(R_z)}$ dla wybranych wartości błędu R_z (0,05, 0,10 i 0,15). W obliczeniach pominięto wpływ błędów związanych z wartościami nadciśnienia P_f i masy M .

Praktycznym sposobem weryfikacji wyników z tabeli 5 jest wykonanie badań modelowych, polegających na określeniu nadciśnienia w powietrznej fali podmuchowej w oparciu o prawo podobieństwa wybuchu. Jak wynika z tabeli 5, największe możliwości korekty L_d mają miejsce przy P_f wynoszącym 1÷5 kPa.

6. Sposoby zwiększania prawidłowości oceny zagrożeń

W praktyce wiele z wyżej proponowanych sposobów minimalizacji błędu oceny GMW jest od dawna rozwijane w kraju. Prowadzona jest ścisła współpraca pomiędzy głównymi krajowymi ośrodkami: Głównym Instytutem Górniczym (w tym także Kopalnią Doświadczalną „BARBARA” jako jednostką notyfikowaną), Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia, Instytutem Mechaniki Precyzyjnej i Instytutem Przemysłu Organicznego. W oparciu o Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie jest tworzone stowarzyszenie umożliwiające intensywniejszy rozwój współpracy pomiędzy producentami, użytkownikami i ośrodkami badawczymi GMW, także w skali międzynarodowej.

Istnieje jednak jeszcze jedna grupa działań mogących doprowadzić do zwiększenia pewności dokonywania prawidłowej klasyfikacji zagrożeń GMW. Stanowią ją prace służące zbudowaniu jednolitego systemu oceny MW i procesów, w których są stosowane.

TABELA 6
Porównanie ocen wrażliwości mechanicznej wg [2] i [8]

Wrażliwość na		Ocena wrażliwości	
tarcie, N	uderzenie, J	R_M wg [2]	Wrażliwość materiału pozwala na jego transportowanie w ramach ADR wg [8]
80,0	2	0,96 „M”	nie
78,5	3	1,17	nie
80,0	3	1,18	tak

W tabeli 6 zasygnalizowano problem zróżnicowania systemu obowiązującego w Polsce (dla MW o współczynniku wrażliwości mechanicznej $R_M \leq 1$ stosuje się „ostrzeżenie” w formie literki „M” przy wartości liczbowej, obowiązują także dodatkowe ograniczenia w warunkach magazynowania) i systemu transportu towarów niebezpiecznych ADR (MW o wrażliwości na uderzenie nie większej niż 2 J lub wrażliwości na tarcie poniżej 80 N nie może być transportowany). Spośród trzech przykładowych zestawów wyników dwa reprezentują

wyniki dla MW, których nie wolno by było transportować wg ADR [8], gdyż formalnie nie spełniają tych wymagań, a tylko jeden z nich (80 N i 2 J) posiada oznaczenie „M” przy wartości R_M .

Krokiem w kierunku budowania jednolitego systemu jest powstający obecnie w ramach finansowanego przez KBN projektu badawczego prowadzonego w Instytucie Przemysłu Organicznego i Wojskowej Akademii Technicznej system oceny zagrożenia pożarem i wybuchem w produkcji materiałów wybuchowych — Temclev-Ex. Jest on opracowywany na bazie powstałego w latach 1996–1998 polskiego systemu Temclev. Jednym z dwóch głównych modułów tworzących Temclev-Ex jest tzw. część materiałowa, pozwalająca na ocenę zagrożeń stwarzanych przez dowolny MW [10].

Zasadniczą korzyścią ze stosowania Temclev-Ex jest zastąpienie wszystkich wartości liczbowych R_z , znajdujących się w pewnym przedziale, ich wspólną oceną B_{R_z} , np. zakresowi wartości R_z należących do przedziału $(0; 0,1>$ przypisuje się ocenę B_{R_z} równą 1, a zakresowi $(0,1; 0,2>$ ocenę 2 itd. Skalę ocen B_{R_z} zamyka przedział $R_z \in (1,05; 1,10>$, któremu przypisano ocenę 25 [29]. Można zatem przyjąć, że zakresy ocen obejmują przedziały $R_z = \pm 0,025$ lub $\pm 0,05$ od wartości średniej w danym przedziale. Jak pokazano w tabeli 4, wartości te mogą być traktowane jako wartości ΔR_z . Zatem, posługiwanie się oceną B_{R_z} eliminuje praktycznie zależność wyniku oceny od wielkości błędów popełnianych przy wyznaczeniu R_z , jako konkretnej wartości liczbowej, gdyż jedna jej wartość obejmuje cały zakres tego błędu.

7. Wnioski

Do podstawowych sposobów minimalizacji błędów, które można popełnić podczas oceny zagrożeń GMW, należą:

- zwiększanie liczby lub zakresu standardowo wykonywanych badań, nawet poza ogólnie przyjęty schemat i to nawet w stosunku do procedur znormalizowanych, szczególnie w przypadku uzyskiwania wyników bliskich wartościom kryterialnym wg różnych regulacji prawnych;
- weryfikacja własnych wyników poprzez badania międzylaboratoryjne, oraz inne działania w ramach systemów jakości, np. zgodnie z wymaganiami normy PN-EN/ISO 17025;
- weryfikacja danych liczbowych i założeń stanowiących podstawę obliczeń termodynamicznych;
- doskonalenie metod oceny zagrożeń MW, szczególnie poprzez:
 - prowadzenie badań modelowych, szczególnie w zakresie nadciśnień 1÷5 kPa,
 - budowanie jednolitego systemu oceny zagrożeń np. w ramach metodyki Temclev-Ex.

LITERATURA

- [1] *Statuch J., Nowaczewski J., Maranda A.*: Możliwości adaptacji w górnictwie materiałów wybuchowych z wyrobów wojskowych. Materiały konferencyjne nt. Materiały wybuchowe u technika strzelnicza. Aktualny stan i perspektywy rozwoju. T. 2. Politechnika Śląska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Gliwice–Kraków, 1993, 36–41
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28.10.2002 r., Dz.U. Nr 190, poz. 1589

- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9.07.2003 r., Dz.U. Nr 163, poz. 1577
- [4] Norma PN-EN 13631-4:2004: Materiały wybuchowe do użytku cywilnego. Materiały wybuchowe kruszące. Część 4: Oznaczanie wrażliwości na uderzenie
- [5] *Licht H.-H.*: Performance and Sensitivity of Explosives. *Propellants, Pyrotechnics and Explosives*, 3, 2000, 126–132
- [6] *Piotrowski T., Buczkowski D., Frączak M., Salaciński T.*: Szacowanie niepewności pomiaru na podstawie jednej próby. Materiały IX Sympozjum Klubu Polskich Laboratoriów Badawczych POLLAB nt. Szacowanie niepewności pomiarów w laboratorium, Zakopane, 2003, 85–90
- [7] *Meyer R., Köhler J., Homburg A.*: Explosives. Fifth, Completely Revised Edition Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2002
- [8] United Nations recommendations on the transport of dangerous goods. Tests and criteria. ST/SG/AC.10/11/Rev. 4, ONZ, Nowy Jork–Genewa, 2003
- [9] Karta charakterystyki materiału wybuchowego nr 0, IPO 1996
- [10] *Piotrowski T., Frączak M., Salaciński T., Buczkowski D.*: Temclev-Ex. Adaptation of Temclev system to fire and explosion hazard assessment in manufacturing of explosives. *New Trends in Research of Energetic Materials. Proceedings of the VII. Seminar. University of Pardubice 2004*
- [11] *Buczkowski D., Gućma M., Paćowski W.*: Explosive properties of reactive mixtures creating during manufacturing of explosives. *New Trends in Research of Energetic Materials. Proceeding of the IV. Seminar, Pardubice 2001*, 29–33
- [12] *Paćowski W., Buczkowski D., Subocz B.*: Uwarunkowania bezpiecznych lokalizacji magazynów materiałów i wyrobów wybuchowych. *Problemy Techniki Uzbrojenia*, nr 5, 2001, 185–194
- [13] *Akhavan J.*: The Chemistry of Explosives. RSC Paperbacks The Royal Society of Chemistry, 1998
- [14] *Cudziło S., Maranda M., Nowaczewski J., Trębiński R., Trzciński W.A.*: Wojskowe Materiały wybuchowe. Wyd. Wydziału Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2000
- [15] *Sućeska M., Zeman S., Rajić M., Jalový Z.*: Theoretical prediction of TNAZ detonation properties. *New Trends in Research of Energetic Materials. Proceeding of the IV. Seminar, Pardubice 2001*, 308–318
- [16] *Lukács L.*: Civil emulsion explosives in the military practice. *Conference proceedings. International Conference Blasting Techniques 2003, Slovakia, Stará Lesná 2002*, 131–135
- [17] *Chovancova M., Oćko P., Lazar M., Zeman S.*: A description of some Explosive Characteristics of Plastics Explosives. Part I. *New Trends in Research of Energetic Materials. Proceeding of the III. Seminar, Pardubice 2000*, 268–273
- [18] *Dudek K., Marećek P., Jalový Z.*: Synthesis and some properties of 1,3,3-trinitoazetidine (TNAZ). *New Trends in Research of Energetic Materials. Proceeding of the IV. Seminar, Pardubice 2001*, 75–80
- [19] *Niksiński A., Kaczmarewicz A.*: Calculation of Explosion and Detonation Parameters of Explosives. *Propellants, Pyrotechnics and Explosives*, 5, 1984, 172–179
- [20] DIN-EN 13631-15: Explosivstoffe für zivile Zwecke — Sprengstoffe — Teil 15: Berechnung der thermodynamischen Eigenschaften. Deutsche Fassung prEN 13631-15:2003
- [21] Norma BN-80/6091-42: Górnicze materiały wybuchowe. Obliczanie parametrów użytkowych
- [22] *Thum W.*: Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Emulsionssprengstoffe. GIG nr 19, Katowice 1997, 189–203
- [23] *Szudeja R.*: Materiały wybuchowe emulsyjne. Materiały Konferencyjne nt. Bezpieczeństwo robót strzałowych w górnictwie. GIG, nr 19, Katowice 1997, 91–100
- [24] Karta oceny materiału wybuchowego pod względem bezpieczeństwa nr IPO/247/04
- [25] *Münzer E.*: The experience with the introduction of emulsion explosives EMSIT 20 and EMSIT M. *Conference proceedings. International Conference Blasting Techniques 2003, Slovakia, Stará Lesná 2002*, 171–180
- [26] Karta oceny materiału wybuchowego pod względem bezpieczeństwa nr 209/98
- [27] *Ćaćić L., Halle R., Ester Z.*: Emulsions explosives Elmulex and Elmulexal. Technical characteristics testing and standards. *New Trends in Research of Energetic Materials. Proceeding of the VI. Seminar, Pardubice 2003*, 63–68
- [28] Karta oceny materiału wybuchowego pod względem bezpieczeństwa nr IPO/248/04
- [29] *Papliński A., Piotrowski T., Maranda A., Frączak M., Salaciński T.*: Integralna ocena zagrożenia pożarowo-wybuchowego i zagrożenia dla środowiska stwarzanego przez materiały wybuchowe według metodyki Temclev-Ex. V Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa, WAT, Waplewo, 2004 (przyjęta do druku)

Zatwierdzono do druku: 17.09.2004 r.