

ppłk dr inż. Przemysław KUPIDURA
dr hab. inż. Zbigniew LECIEJEWSKI
ppłk dr inż. Zbigniew SURMA
prof. dr hab. inż. Radosław TRĘBIŃSKI
Wojskowa Akademia Techniczna

WSTĘPNE BADANIA TEORETYCZNO-DOŚWIADCZALNE MIOTANIA MODELU POCISKU PG-7

Streszczenie: W referacie przedstawiono stanowisko do miotania modelu pocisku PG-7. Miotane pociski zostały wykonane w skali 1:3. Opracowane stanowisko wykorzystane będzie do badań balistyki końcowej uderzenia pocisku RPG w konstrukcję osłony (kratownicy, siatki) transporterów opancerzonych. W pracy zamieszczono porównanie wyników napędzania badawczego modelu pocisku RPG otrzymanych z analiz teoretycznych oraz badań doświadczalnych.

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL PRELIMINARY INVESTIGATIONS OF LAUNCHING OF PG-7 MODEL

Abstract: The laboratory stand for launching of RPG models, tests results and numerical simulations are presented in this paper. The rocket propelled grenade 1:3 scale model was built. The laboratory stand will be used for tests additional protective structures (slat armor, net armor and similar solutions). The comparison of numerical simulations and experimental tests results of launching PG-7 model are presented as well.

1. Wstęp

Jednym z istotnych problemów, przed którymi stoją siły zbrojne państw zaangażowanych w konflikty asymetryczne jest ochrona pojazdów opancerzonych przed atakiem z ręcznych granatników przeciwpancernych. Najprostszym sposobem biernej ochrony tych pojazdów jest zamocowanie na ich burtach siatkowych lub prętowych osłon (fot. 1), których zadaniem jest zainicjowanie działania pocisku granatnikowego w pewnej odległości od pancerza.



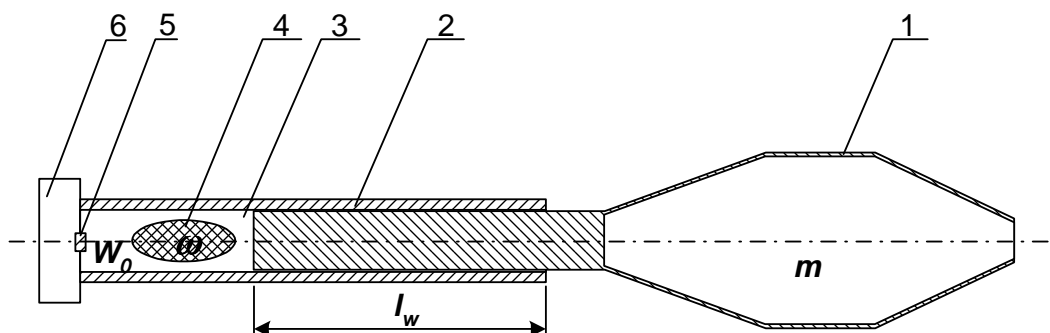
Fot. 1. Osłona prętowa wozu bojowego Stryker oraz przykład osłony siatkowej
Opracowanie odpowiednio skutecznej konstrukcji osłony biernej (siatkowej lub

prętowej) pojazdów opancerzonych wymaga realizacji poligonowych badań doświadczalnych oddziaływania bojowych pocisków na określony typ proponowanej osłony, a wyniki tych badań stanowią podstawę zarówno do weryfikacji obliczeń numerycznych jak i optymalizacji konstrukcji osłony. Ze względu na wysoki koszt i czasochłonność realizacji takich badań autorzy proponują poprzedzić badania poligonowe badaniami laboratoryjnymi z wykorzystaniem modeli pocisków RPG (wykonanych w skali 1:3) oraz modeli osłon.

W zasadniczej części artykułu przedstawiono schemat balistyczny procesu napędzania modelu pocisku RPG, opis stanowiska badawczo-pomiarowego umożliwiającego napęd tego modelu oraz zaprezentowano wyniki wstępnych badań doświadczalnych, które wykorzystano do weryfikacji schematu obliczeniowego.

2. Analiza teoretyczna napędu modelu pocisku RPG

Spośród analizowanych możliwych sposobów napędu modelu pocisku RPG, tzn. poprzez wykorzystanie układu miotającego klasycznego, nasadkowego, dwukomorowego oraz gazowego (z otwieraną membraną), do dalszych analiz wybrano prochowy układ miotający w jego wersji klasycznej, w którym w lufie znalazła się całkowicie część prowadząca modelu pocisku RPG, natomiast część głowicowa znajdowała się poza lufą. Schemat balistyczny układu miotającego zaprezentowano na rys. 1.



Rys. 1. Schemat ideowy klasycznego układu miotającego:
1 – pocisk RPG, 2 – lufa, 3 – komora naboju,
4 – ładunek miotający, 5 – element zapłonowy, 6 – zamek

Podstawowymi równaniami opisującymi zjawisko strzału w rozpatrywanym układzie miotającym są klasyczne równania modelu matematycznego strzału w ujęciu termodynamicznym [3], czyli: bilans energii strzału (1) z uwzględnieniem przepływu części gazów prochowych przez nieszczelności pomiędzy pociskiem (częścią prowadzącą modelu RPG) a ściankami przewodu lufy [2], równanie dopływu gazów prochowych, równanie zachowania pędu oraz równanie definicyjne prędkości pocisku.

$$\frac{dRT}{dt} = \frac{(\theta Q_s - RT)\omega \frac{d\psi}{dt} - \theta RT \omega \frac{d\eta}{dt} - \theta \phi m V \frac{dV}{dt}}{\omega(\psi - \eta)} \quad (1)$$

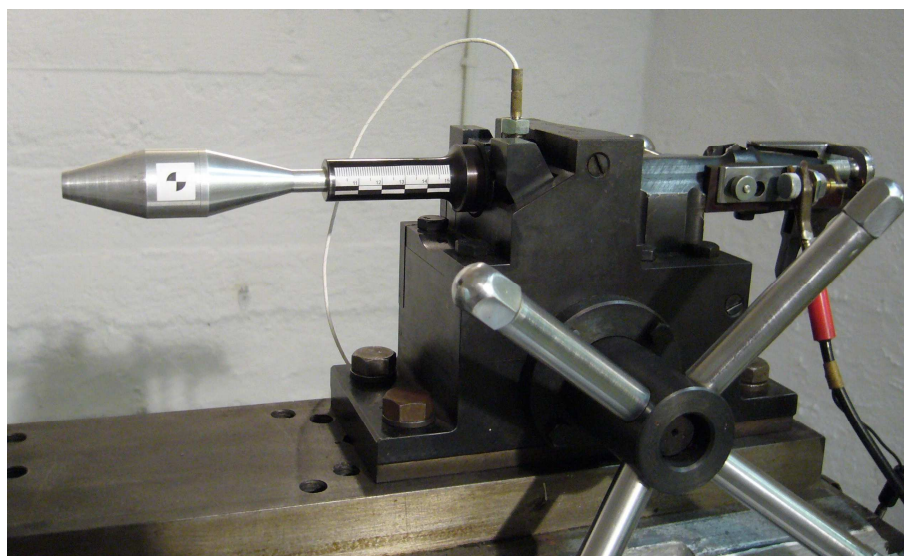
3. Stanowisko badawcze

Do miotania modeli pocisku RPG (fot. 2) wykorzystano klasyczny układ miotający, przedstawiony na rys. 1, w którym źródłem energii jest prochowy ładunek miotający. Ładunek miotający wykonany został na bazie drobnoziarnistego, nitrocelulozowego prochu WUfl.



Fot. 2. Model pocisku RPG w skali 1:3

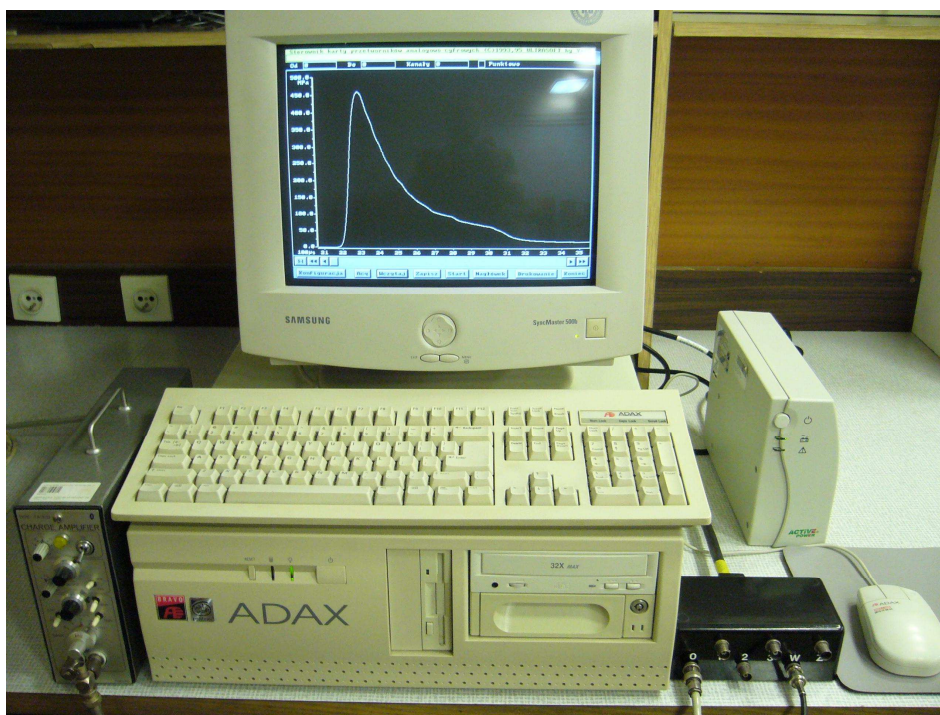
Widok laboratoryjnego układu miotającego z pociskiem badawczym oraz zamocowanym czujnikiem ciśnienia gazów w przestrzeni zapociskowej lufy przedstawiono na fot. 3.



Fot. 3. Układ miotający z piezoelektrycznym czujnikiem ciśnienia gazów

W trakcie badań rejestrowano ciśnienie gazów prochowych w lufie oraz prędkość pocisku. Znajomość zmian ciśnienia p gazów prochowych w czasie t oraz prędkości V pocisku pozwala na weryfikację metody teoretycznej wyznaczania parametrów pracy układu miotającego, a ponadto daje możliwość kontroli warunków eksperymentu, co jest bardzo istotne ze względu na bezpieczeństwo prowadzonych badań. Ponadto informacja o ciśnieniu (w tym ciśnieniu maksymalnym) gazów w lufie układu miotającego pozwala efektywniej wykorzystać jego możliwości w odniesieniu do miotania pocisków badawczych.

Pozostałe elementy układu pomiarowego, tj. wzmacniacz ładunku elektrycznego oraz komputer z przetwornikiem analogowo-cyfrowym przedstawiono na fot. 4.



Fot. 4. Wzmacniacz ładunku oraz komputer z przetwornikiem analogowo-cyfrowym

Do rejestracji ruchu (lotu) modeli pocisków wykorzystano kamerę do filmowania zjawisk szybkozmiennych Phantom v12 (fot. 5). Prędkość modeli pocisków (zarówno w lufie jak i poza lufą) wyznaczano za pomocą programu TEMA Motion, na podstawie wyników rejestracji kamerą Phantom.



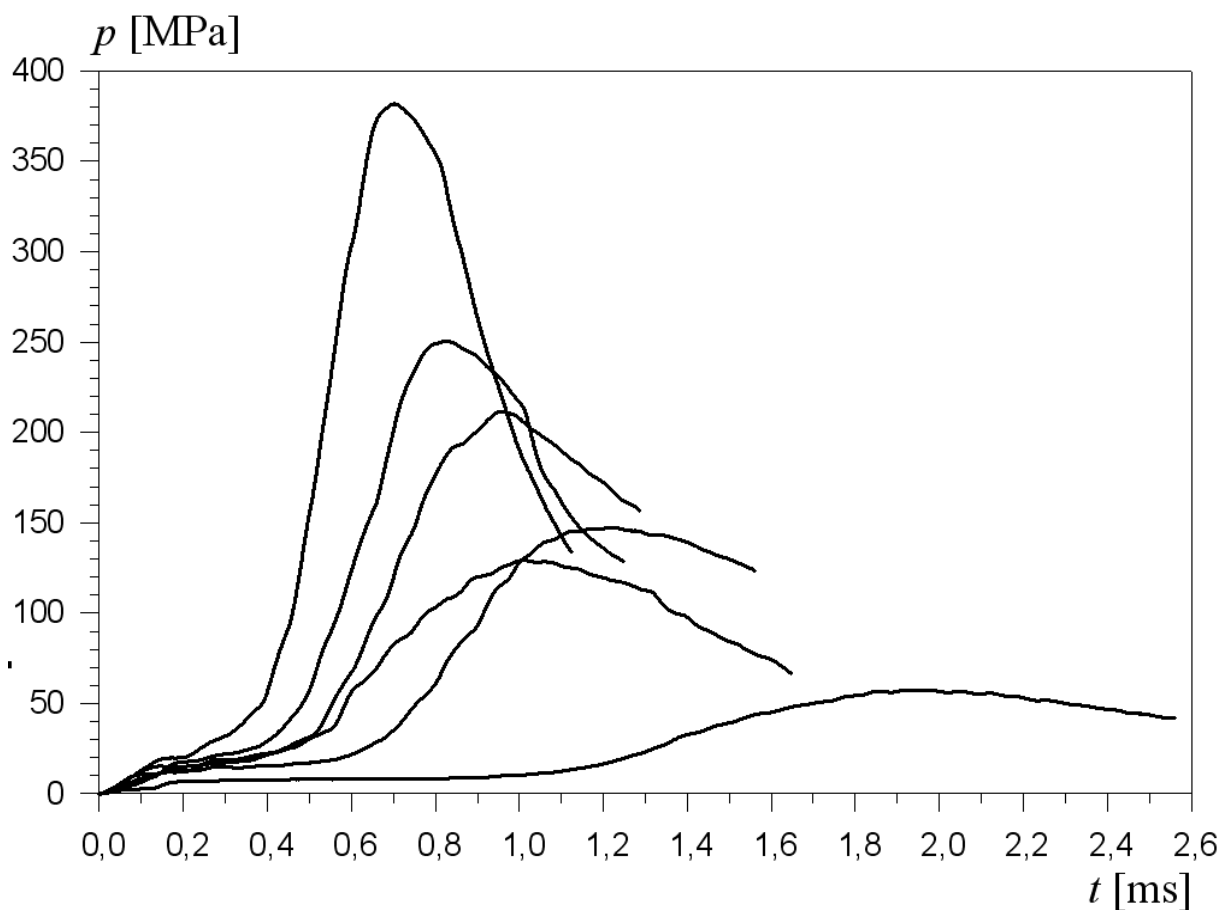
Fot. 5. Elementy stanowiska do rejestracji ruchu modelu pocisku RPG: układ miotający na statywie (z lewej) oraz kamera Phantom v12 (z prawej)

4. Wyniki badań doświadczalnych i numerycznych

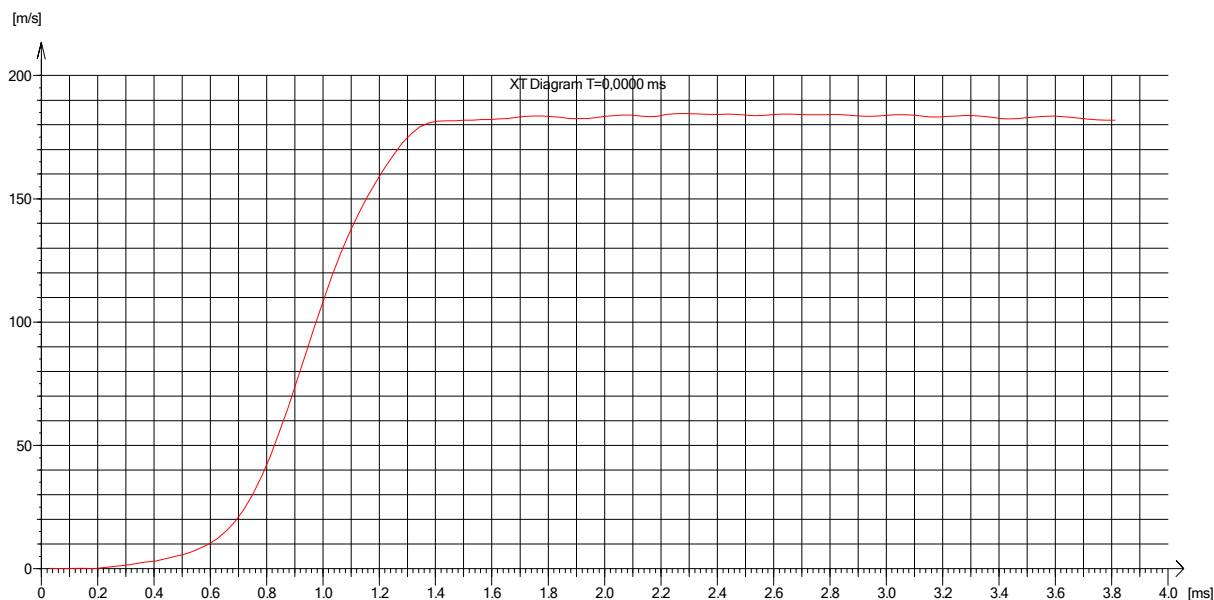
Wynikiem przeprowadzonych badań są ciśnienie p gazów prochowych w przewodzie lufy (przestrzeni zapociskowej) w funkcji czasu t oraz prędkość V ruchu postępowego pocisku w lufie i na początkowym odcinku toru lotu po opuszczeniu lufy dla różnych mas ω ładunku miotającego. Wartości ciśnienia maksymalnego p_m gazów oraz prędkości wylotowej V_w i maksymalnej V_m pocisku zamieszczono w tabeli 1. Wykresy $p(t)$ dla poszczególnych prób przedstawiono na rys. 2. Przykładowy wykres $V(t)$ pocisku przedstawiono na rys. 3.

Tabela 1. Wartości ciśnienia maksymalnego p_m gazów, prędkości wylotowej V_w i maksymalnej V_m pocisku

ω [g]	p_m [MPa]	V_w [m/s]	V_m [m/s]
0,60	57,6	76,2	81,7
0,80	129,3	114,0	120,4
0,90	147,5	121,6	129,3
1,00	211,5	135,9	142,9
1,10	250,3	147,0	153,7
1,20	381,7	176,4	184,6



Rys. 2. Wykresy ciśnienia p gazów prochowych w funkcji czasu t , dla ładunków miotających na bazie prochu WUfl



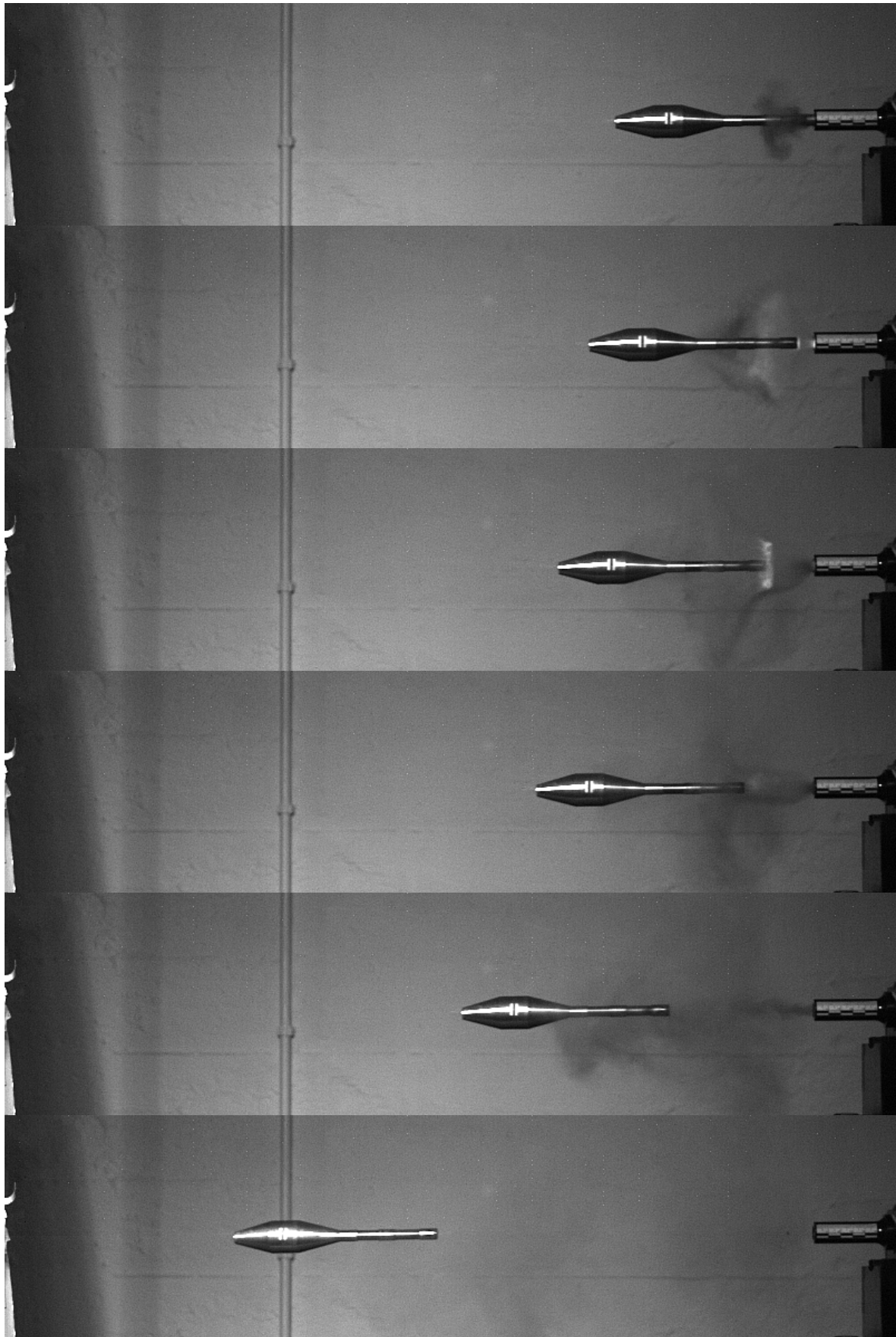
Rys. 3. Wykres prędkości V pocisku w funkcji czasu t (WUfl $\omega = 1,20$ g)

Wybrane zdjęcia z rejestracji ruchu pocisku kamerą Phantom v12 zamieszczono na fot. 6. Wyniki badań laboratoryjnych skonfrontowano z wynikami obliczeń numerycznych. Dane wejściowe do obliczeń numerycznych zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyki układu miotającego przyjęte do symulacji

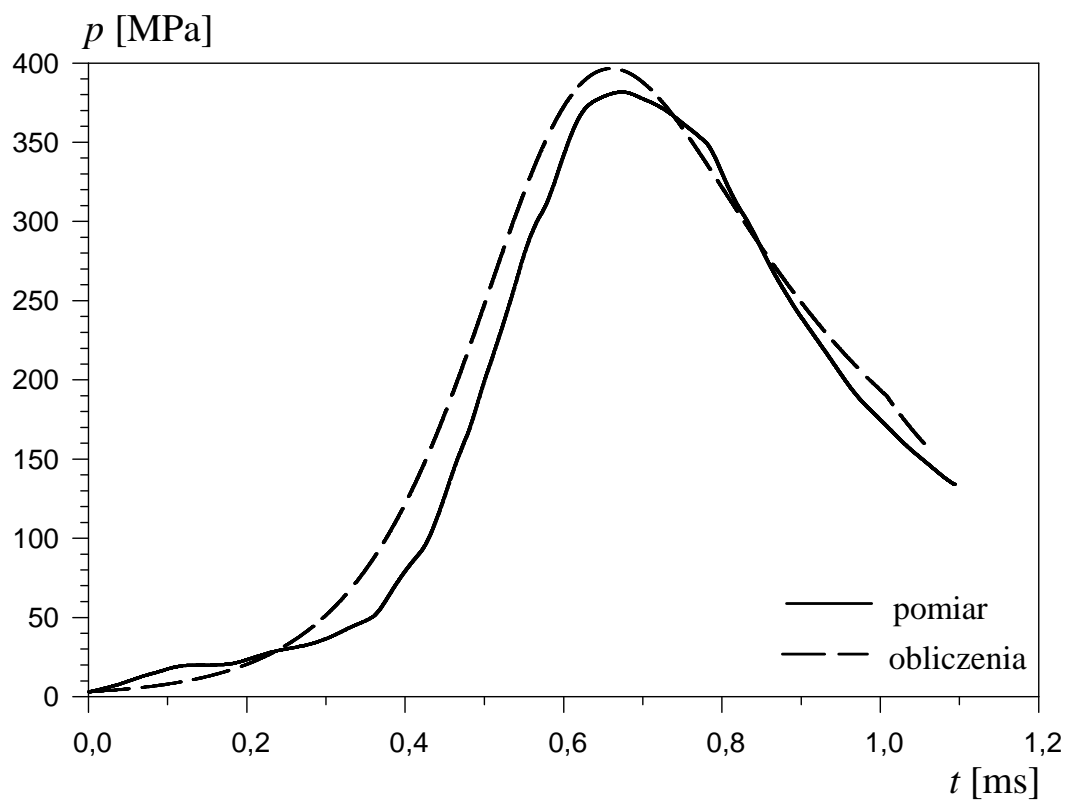
Masa pocisku	m [g]	61,0
Masa ładunku miotającego	ω [g]	1,2
Kaliber lufy	d [mm]	9,0
Pole przekroju poprzecznego przewodu lufy	s [mm ²]	67,2
Pole przekroju poprzecznego dna pocisku	s_p [mm ²]	63,6
Objętość komory naboju	W_0 [cm ³]	1,44
Całkowita droga pocisku w przewodzie lufy	l_w [mm]	69
„Siła” prochu	f [MJ/kg]	1,06
Kowolumen gazów prochowych	α [dm ³ /kg]	1,353
Wykładnik adiabaty gazów prochowych	k	1,2
Gęstość prochu	δ [kg/m ³]	1600
Współczynnik liniowego prawa szybkości spalania	u_1 [m/(s·Pa)]	$0,62 \cdot 10^{-9}$
Początkowe pole powierzchni ziarna prochowego	S_1 [mm ²]	2,682
Początkowa objętość ziarna prochowego	Λ_1 [mm ³]	0,26
Współczynniki kształtu ziaren prochowych	χ	1,214
	λ	-0,176
	μ	0

Ponadto do obliczeń przyjęto: ciśnienie zapłonu ładunku miotającego $p_z = 3$ MPa, ciśnienie forsowania $p_0 = 3$ MPa oraz krok czasowy obliczeń $kc = 1$ μ s.

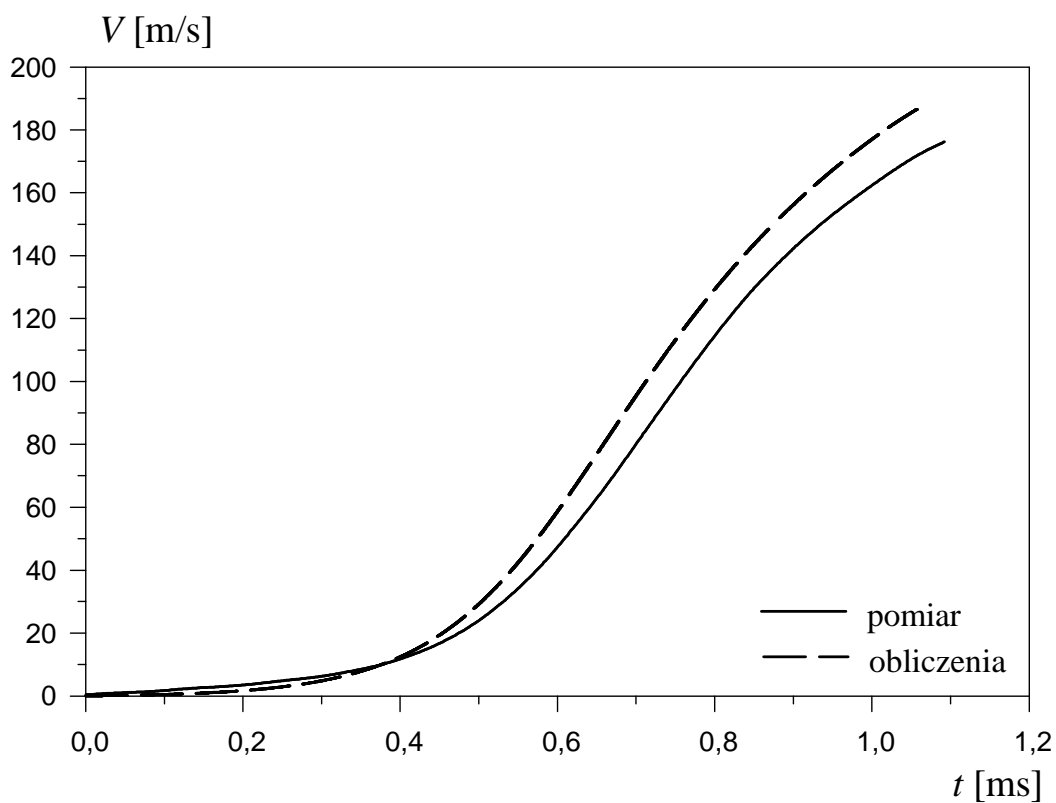


Fot. 6. Wybrane zdjęcia z rejestracji ruchu (lotu) modelu pocisku RPG

Porównanie ciśnienia p gazów i prędkości V pocisku w przewodzie lufy w funkcji czasu t otrzymanych z badań i obliczeń przedstawiono na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Wykresy ciśnienia p gazów prochowych w funkcji czasu t



Rys. 5. Wykresy prędkości V pocisku w funkcji czasu t

5. Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań i obliczeń można sformułować następujące wnioski:

- opracowane stanowisko badawcze umożliwia miotanie modelu pocisku RPG z prędkością do 200 m/s, odpowiadającą realnym prędkościom uderzenia pocisków granatnikowych. Jednocześnie ciśnienie gazów prochowych w lufie nie przekroczyło wytrzymałości mechanicznej układu miotającego (ścianek lufy i zespołu ryglowego);
- pomiar ciśnienia gazów prochowych w przewodzie lufy pozwala kontrolować warunki eksperymentu, co jest szczególnie istotne podczas zmiany rodzaju prochu lub jego naważki;
- porównanie doświadczalnych i obliczeniowych wykresów ciśnienia gazów i prędkości pocisku pokazuje zadowalającą ich zgodność jakościową i ilościową. Różnice najistotniejszych parametrów pracy układu miotającego, tj. ciśnienia maksymalnego p_m gazów i prędkości wylotowej pocisku V_w otrzymanych z badań i obliczeń wynoszą dla próby $\omega = 1,2$ g odpowiednio: 3,9 % i 6,3 %;
- model teoretyczny napędzania pocisku RPG za pomocą klasycznego układu miotającego oraz opracowany na jego podstawie program komputerowy pozwalają wyznaczać charakterystyki strzału, a w szczególności ciśnienie maksymalne gazów prochowych i prędkość wylotową pocisku.

Przed przystąpieniem do badań laboratoryjnych obejmujących badania efektu oddziaływania modelu pocisku RPG na model konstruowanej kratownicy zostaną przeprowadzone badania stabilności lotu modelu.

Badania zrealizowano w ramach projektu badawczego rozwojowego nr OR00 0126 09 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2009-2011.

Literatura

- [1] G. Oppokow, *Balistyka dział o lufach gładkich*, MON, Warszawa 1957.
- [2] Z. Surma, S. Torecki, R. Woźniak, *Model balistyczny układu miotającego z odprowadzeniem gazów prochowych*, Biuletyn nr 11 WAT, 2005.
- [3] S. Torecki, *Balistyka wewnętrzna*, WAT, Warszawa, 1980.
- [4] S. Wiśniewski, *Termodynamika techniczna*, WNT, Warszawa 1980.