

Określanie warunków początkowych do symulacji lotu pocisków artyleryjskich

Leszek BARANOWSKI^{*}, Zbigniew SURMA

*Wydział Mechatroniki i Lotnictwa, Wojskowa Akademia Techniczna,
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa*

^{} autor korespondencyjny, e-mail: Leszek.Baranowski@wat.edu.pl*

Artykuł wpłynął do redakcji 01.07.2012. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 19.06.2013

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań poligonowych rejestracji przebiegu strzelania ze 120 mm moździerza pociskiem odłamkowo-burzącym OF-483A, mające na celu umożliwienie określenia warunków początkowych wylotu pocisku z lufy moździerza, niezbędnych do przeprowadzenia symulacji komputerowej lotu pocisku moździerzowego. Wyniki rejestracji ruchu zarówno pocisków, jak i moździerza posłużyły do opracowania doświadczalnej metody wyznaczania prędkości wylotowej pocisku oraz kąta rzutu (tzn. kąta pochylenia wektora prędkości pocisku w chwili opuszczania przekroju wylotowego lufy moździerza). W badaniach poligonowych do rejestracji zjawisk szybkozmiennych wykorzystano kamerę Phantom v12, natomiast do wyznaczenia prędkości lotu pocisku oraz przemieszczania się lufy moździerza wykorzystano oprogramowanie TEMA Motion, służące do opracowywania wyników rejestracji kamerą Phantom v12. W celu określenia wpływu parametrów rejestracji na ewentualną jakość rejestrowanego obrazu i tym samym dokładność określenia prędkości wylotowej pocisku, stosowano różne ustawienia kamery uwzględniające szybkość filmowania i rozdzielczość zdjęć.

Słowa kluczowe: mechanika, warunki początkowe, pocisk moździerzowy, symulacja lotu

1. WSTĘP

Jeszcze do niedawna przygotowanie nastaw do strzelania z moździerza, armaty, haubicy lub innego działa artyleryjskiego odbywało się przede wszystkim w oparciu o tabele strzelnicze. Obecnie w dobie powszechnej komputeryzacji tendencją jest dążenie do opracowywania zautomatyzowanych systemów kierowania ogniem (ZSKO), tzw. przeliczników artyleryjskich, które wyznaczają nastawy na podstawie numerycznego rozwiązania równań ruchu pocisku [1]. Dokładność obliczeń numerycznych (symulacji) zależy z jednej strony od stopnia złożoności modelu matematycznego opisującego zjawisko fizyczne, zaś z drugiej strony od dokładności określenia danych wejściowych i warunków początkowych.

W artykule do określenia warunków początkowych strzelania zaproponowano wykorzystanie rejestracji przemieszczania się lufy moździerza oraz początkowej fazy lotu 120 mm pocisku moździerzowego OF-483A, za pomocą kamery zdjęć szybkich.

2. DANE TECHNICZNE KAMERY PHANTOM V12

Wykorzystanie kamer szybkich do badań zjawiska wystrzału zaprezentowano m.in. w pracach [2, 3]. Dużą przewagą kamery Phantom v12 nad kamerą HSC-40BW [2] jest możliwość wykonywania i rejestracji sekwencji zdjęć z bardzo dużą częstotliwością, wynoszącą nawet 1 milion klatek na sekundę.



Fot. 1. Kamera do zdjęć szybkich PHANTOM v12

Photo 1. High-speed camera PHANTOM v12

Wybrane dane techniczne kamery PHANTOM v12:

- maksymalna szybkość filmowania – 1 mln fps (zdjęć na sekundę),
- rozdzielczość zdjęcia przy max. szybkości filmowania – 128×8 pikseli,

- maksymalna rozdzielczość zdjęcia 1280×800 pikseli,
- szybkość filmowania przy maksymalnej rozdzielczości – 6315 fps,
- czas ekspozycji (migawka) – 1 μ s (opcjonalnie 0,3 μ s),
- pamięć RAM – 8 GB.

3. WYNIKI BADAŃ PRĘDKOŚCI WYLOTOWEJ POCISKU

Do analizy warunków początkowych strzelania, w tym prędkości wylotowej, wykorzystano rejestrację – za pomocą kamery zdjęć szybkich, początkowej fazy lotu 120 mm pocisku moździerzowego OF-483A wystrzeliwanego przy kącie podniesienia lufy $QE = 75$ [deg]. W celu określenia wpływu parametrów rejestracji na ewentualną jakość rejestrowanego obrazu i tym samym określenia prędkości wylotowej pocisku stosowano różne ustawienia kamery, które zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie ustawień kamery podczas badań poligonowych

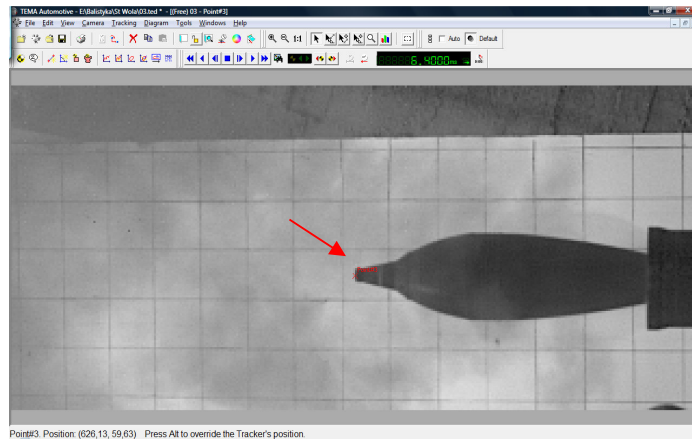
Table 1. Camera settings during field tests

numer strzału	rozdzielczość zdjęć	szybkość filmowania
01	512×152	10000 fps
02	512×152	10000 fps
03	800×144	5000 fps
04	800×144	5000 fps
05	800×144	2000 fps
06	800×144	5000 fps

Do wyznaczenia prędkości wylotowej wykorzystano oprogramowanie TEMA Motion. Program ten wyznacza na podstawie położenia pocisku na kolejnych kadrach filmu jego przemieszczenie. Podczas operacji wyznaczania przemieszczenia obiektu (pocisku), śledzony jest jego konkretny punkt, zdefiniowany przez użytkownika.

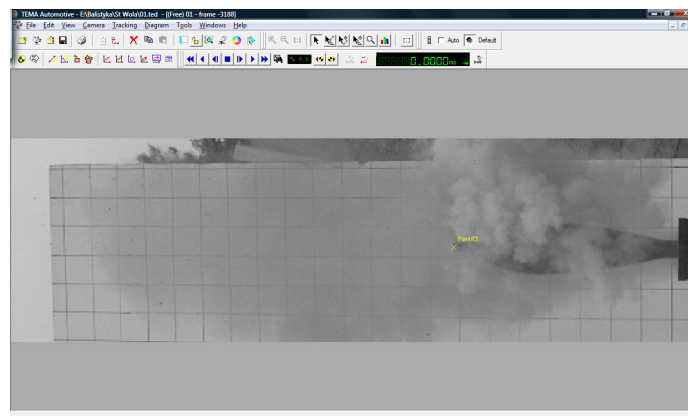
Przykładowo dla strzału nr 01 umiejscowienie punktu na pocisku moździerzowym (czerwony opis) zobrazowano na fotografii 2.

Na podstawie zmiany położenia śledzonego punktu na kolejnych fotografiach wyrażonej w pikselach oraz zdefiniowanej wcześniej skali (stosunek rzeczywistej odległości do liczby pikseli na fotografii) wyznaczana jest wartość przemieszczenia badanego pocisku, a w dalszej kolejności jego prędkość.



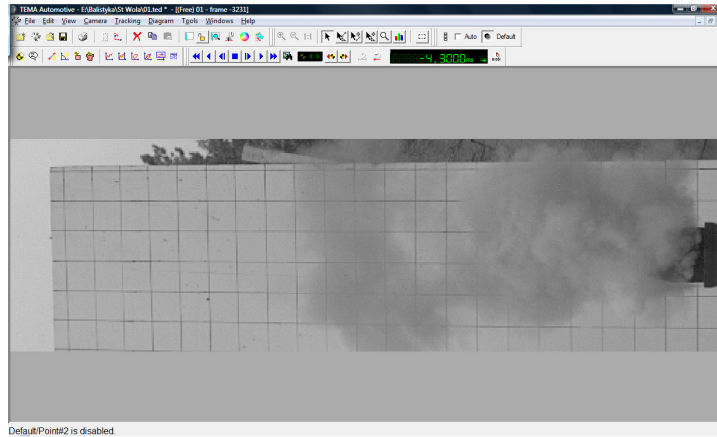
Fot. 2. Umieszczenie śledzonego punktu na pocisku moździerzowym
 Photo 2. The location of the tracking point on the mortar projectile

Dokładność wyznaczenia prędkości wylotowej zależy od dokładności określenia przemieszczenia śledzonego punktu na pocisku. Proces ten jest niejednokrotnie znacznie utrudniony, zwłaszcza w przypadku przesłaniania pocisku gazami prochowymi (patrz fot. 3 i 4).



Fot. 3. Położenie pocisku w umownej chwili $t = 0$ (strzał nr 01)
 Photo 3. The location of the projectile at the moment $t = 0$ (shot no. 01)

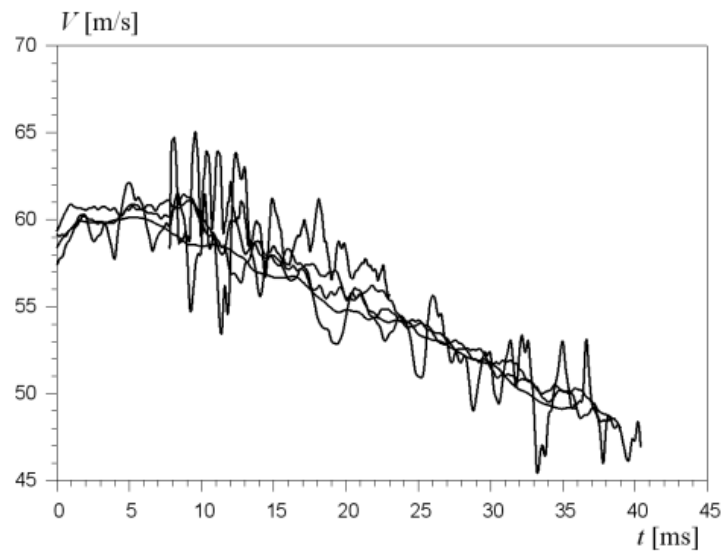
Bardzo duża ilość gazów prochowych podczas strzału nr 02, przysłaniających pocisk po jego wylocie z lufy (fot. 4), wręcz uniemożliwiła umiejscowienie i śledzenie jednoznacznego punktu na pocisku. W związku z tym podczas opracowywania wyników badań pocisk ten został pominięty.



Fot. 4. Zasłonięty gazami prochowymi pocisk moździerzowy w chwili wylotu z lufy (strzał nr 02)

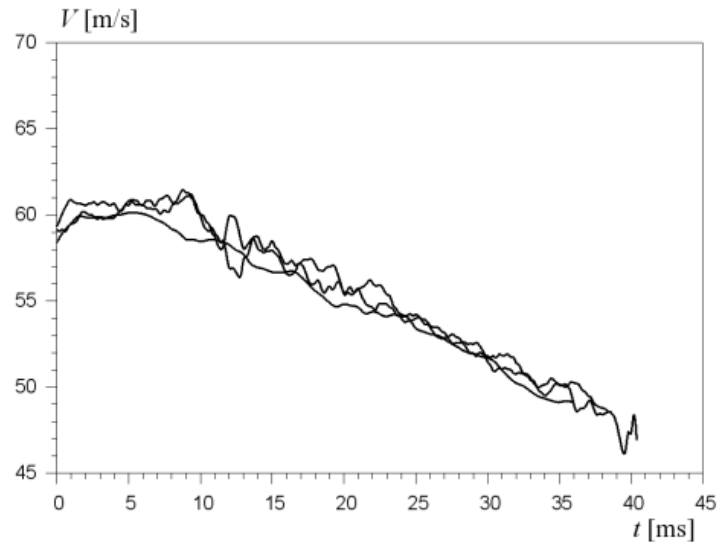
Photo 4. The mortar projectile covered by the propellant gases at muzzle time (shot no. 02)

Wyniki obliczeń prędkości liniowej pozostałych pocisków przedstawiono na zbiorczych wykresach (rys. 1 i 2).



Rys. 1. Wykresy prędkości pocisku moździerzowego wyznaczone na podstawie rejestracji kamerą zdjęć szybkich (strzały 01, 03, 04, 05, 06)

Fig. 1. Calculated velocity of the mortar projectile (shots no. 01, 03, 04, 05, 06)



Rys. 2. Wykresy prędkości pocisku moździerzowego wyznaczone na podstawie rejestracji kamerą zdjęć szybkich (strzały 03, 04, 05)

Fig. 2. Calculated velocity of the mortar projectile (shots no. 03, 04, 05)

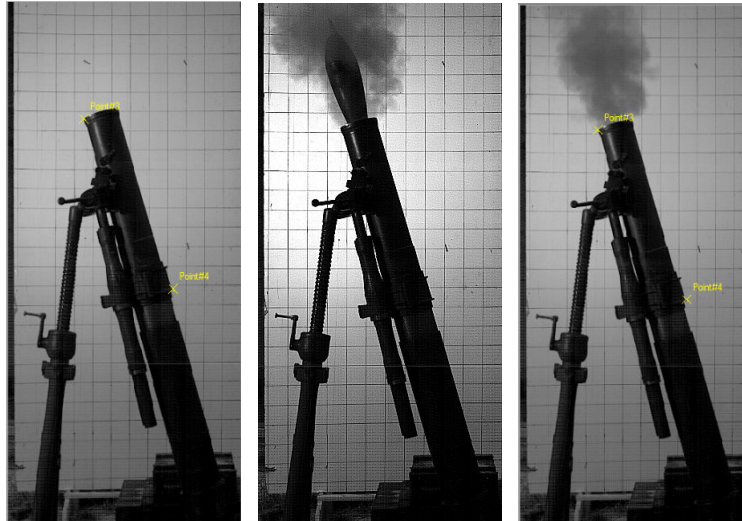
Na rysunku 1 widoczne są znaczne zmiany (wahania) prędkości pocisku wyznaczone na podstawie rejestracji dla strzałów nr 01 i 06. Prawdopodobnie jest to konsekwencją częściowego przesłaniania pocisków gazami prochowymi (fot. 3). Na rysunku 2 przedstawiono wykresy prędkości pocisku tylko dla strzałów nr 03, 04 i 05.

4. WYNIKI BADAŃ PODRZUTU LUFY MOŹDZIERZA

Idea metody wyznaczenia kąta podrzutu lufy moździerza w chwili wylotu pocisku polega na rejestracji kamerą zdjęć szybkich całego moździerza podczas strzału. Na podstawie obserwacji położenia linii prostej (fot. 5) przechodzącej przez dwa zdefiniowane na lufie moździerza punkty (oznaczone na rysunku jako Point#3 i Point#4) przed i po strzale można ocenić, czy kąt pomiędzy osią przewodu lufy i podłożem przed strzałem oraz w chwili wylotu pocisku ulega zmianie. Ponadto na podstawie rejestracji kamerą można wyznaczyć rzeczywisty kąt rzutu.

Przykładowe kadry z rejestracji strzału obrazujące chwilę przed strzałem, w trakcie strzału i po wylocie pocisku z lufy przedstawiono na fot. 5.

Przeprowadzone obliczenia dla trzech strzałów oddanych na kącie $QE = 75$ [deg] wykazały, że w chwili wylotu pocisku nie występuje podrzut lufy, innymi słowy – kąt rzutu jest równy kątowi QE .



Fot. 5. Widok moździerza z dwoma śledzonymi punktami (Point#3 i Point#4) przed strzałem (zdjęcie lewe) i po strzale (zdjęcie prawe)

Photo 5. The mortar pictures with two tracking points (Point#3 and Point#4) before shot (left picture) and after shot (right picture)

5. WNIOSKI

Wyniki obliczeń uzyskane na podstawie rejestracji ruchu pocisku i moździerza kamerą zdjęć szybkich potwierdziły możliwość wykorzystania tego sposobu do identyfikacji warunków początkowych ruchu pocisków artylerii naziemnej.

Rejestracja kamerą zjawiska strzału umożliwia m.in. obserwację i analizę zachowania się moździerza podczas strzału. Wyniki takich rejestracji mogą być zatem przydatne podczas badań i projektowania tego typu konstrukcji.

Artykuł zawiera wyniki pracy finansowanej ze środków na naukę w latach 2010-2013 jako projekt badawczy nr 423/B0/A.

LITERATURA

- [1] Baranowski L., *Modelowanie, identyfikacja i badania numeryczne dynamiki lotu obiektów balistycznych na potrzeby systemów kierowania ogniem artylerii naziemnej*, Wyd. WAT, Warszawa, 2011.

- [2] Baranowski L., Rutyna K., Surma Z., Wykorzystanie kamery zdjęć szybkich do badania powylotowego działania gazów prochowych, *Materiały VI Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej „Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia”* – Waplewo 2006, s. 54-62, Wyd. WAT, Warszawa, 2006.
- [3] Leciejewski Z., Piątek M., Stępnia W., Surma Z., Badania prędkości pocisku na potrzeby opracowania modelu obliczeniowego balistyki okresu przejściowego, *Materiały XVIII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy rozwoju, produkcji i eksploatacji techniki uzbrojenia”* – Pułtusk 2011, s. 151-159, Wyd. WITU, Zielonka 2011.

Specifying the Initial Conditions to Simulate the Flight of Artillery Shells

Leszek BARANOWSKI, Zbigniew SURMA

Abstract. The results of field tests of 120 mm mortar have been presented in this paper. Tests were conducted with using the mortar projectile type OF-483A. The main task of investigations was experimental determination of muzzle velocity and throwing angle, which are initial conditions for numerical simulation of the mortar projectile flight. Muzzle velocity and throwing angle were determined on the basis of accomplished results of motion the projectile as well as the mortar. The high-speed camera Phantom v12 was used during the field tests. The projectile velocity and the movement of the mortar barrel were calculated by means of TEMA Motion program.

Keywords: mechanics, initial conditions, mortar grenade, flight simulation