



Analiza porównawcza wybranych zapalników programowalnych małokalibrowej amunicji granatnikowej

JANUSZ EWERTOWSKI, MACIEJ DRZYMAŁA,
WOJCIECH DĄBROWSKI, JERZY CHYTŁA

Politechnika Warszawska, Instytut Mechaniki i Konstrukcji, 02-524 Warszawa, ul. Narbutta 85
Instytut Mechaniki Precyzyjnej, 01-796 Warszawa, ul. Duchnicka 3

Streszczenie. Artykuł zawiera porównanie programowalnych zapalników czasowych z nową generacją zapalników programowanych poprzez zliczanie liczby obrotów na torze lotu. W części wstępnej zamieszczono omówienie zasad działania nowej generacji zapalników, a także charakterystykę konstrukcji nowych granatów. Cechą charakterystyczną nowego rozwiązania jest to, że zapalnik programowalny zapewnia detonację granatu po przebyciu założonego dystansu, określanego za pomocą liczby obrotów granatu w czasie lotu. W dalszej części przeprowadzone jest porównanie pokazujące znaczące różnice w zakresie precyzji ataku pomiędzy nowymi rozwiązaniami a rozwiązaniami klasycznych zapalników czasowych. W pracy zamieszczone są porównania torów lotu pocisków, punktów detonacji oraz wnioski końcowe.
Słowa kluczowe: granatniki, amunicja granatnikowa, zapalniki programowalne, skuteczność ataku
Symbole UKD: 623.44

1. Wstęp

W historii strzeleckiego uzbrojenia lufowego występuje wiele momentów, w których wprowadzenie nowego rozwiązania konstrukcyjnego stawało się punktem wyznaczającym skokowy rozwój tego uzbrojenia. Przykładowo wymienić można takie rozwiązania jak chociażby wprowadzenie ładowania lufy od tyłu, zastosowanie amunicji scalonej, opracowanie broni samoczynnych itp. Podobną sytuację możemy zaobserwować obecnie. Dotyczy ona kompletnego przewartościowania roli uzbrojenia granatnikowego jako elementu całościowego systemu uzbrojenia pojedynczego żołnierza.

W funkcjonującym dotychczas układzie podstawowym uzbrojeniem żołnierza jest karabinek małokalibrowy uzupełniany często o jednostrzałowy granatnik podwieszany. W tak skonfigurowanym zestawie karabinek wciąż pełni funkcję podstawową, podczas gdy granatnik stanowi jedynie uzupełnienie. Pojawiające się jednak obecnie koncepcje nowego uzbrojenia zakładają odwrócenie tej sytuacji i uczynienie z samopowtarzalnego granatnika broni podstawowej, karabinkowi pozostawiając funkcje pomocnicze.

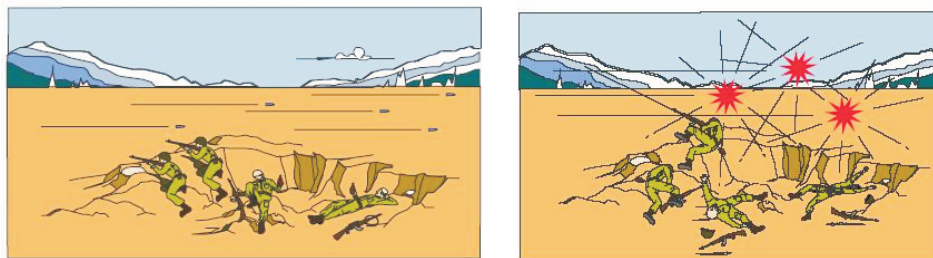
Przyjęcie takich dość rewolucyjnych, założeń wynika z analizy działań i typowych zachowań żołnierza na polu walki. Okazuje się, że w realnych działaniach żołnierz piechoty w przybliżeniu 5% czasu znajduje się w pozycji wyprostowanej, około 20% leży na ziemi, podczas gdy pozostałą część, tj. 75% czasu, znajduje się za osłoną. Oznacza to, że przez $\frac{3}{4}$ czasu swych działań jest zabezpieczony przed rażeniem klasyczną amunicją małokalibrową. Właśnie stosowanie takiej amunicji niejako wymusiło rozwinięcie taktyki polegającej na wykorzystywaniu miejsc zapewniających osłonę przed prostym ostrzałem.

Obecnie ocenia się, że jedynym znanym rozwiązaniem, mogącym podnieść efektywność działań żołnierza jest wprowadzenie nowego typu granatnika. W założeniach przyjmuje się, że nowy system małokalibrowego uzbrojenia granatnikowego powinien charakteryzować się kilkoma zasadniczymi właściwościami:

- granatnik powinien zapewnić możliwość oddania przynajmniej kilku strzałów bez potrzeby przeładowywania; musi to więc być broń samopowtarzalna;
- wymagane jest zwiększenie zasięgu ostrzału, umożliwiające efektywne rażenie celu na odległościach 500 m i więcej. Aby było to możliwe konieczne jest zwiększenie prędkości początkowej wystrzeliwanych pocisków. Powoduje to jednak potrzebę zmniejszenia masy pocisku a tym samym kalibru z obecnie stosowanego 40 mm, celem utrzymania energii odrzutu broni na akceptowalnym poziomie;
- konieczne jest zastosowanie amunicji programowalnej pozwalającej możliwie dokładnie określić punkt eksplozji pocisku na jego torze lotu;
- w związku z zastosowaniem amunicji programowanej system uzbrojenia musi być wyposażony we własny system kierowania ogniem zapewniający dokładne namierzenie celu i zaprogramowanie zapalnika w jaki wyposażony jest wystrzeliwany pocisk;
- ponadto należy zapewnić możliwie mały rozrzut parametrów amunicji wpływających na celność broni.

Tak wykonany system uzbrojenia granatnikowego powinien zapewnić jakościowy skok w zdolności zwalczania celów. Wyjaśnia to rysunek 1. Grupa żołnierzy pozostająca za osłoną jest trudna do skutecznego zaatakowania klasyczną amunicją małokalibrową. Sytuacja zmienia się diametralnie przy ataku programowalną amunicją granatnikową eksplodującą dokładnie nad celem. Ujawnia się tu przewaga

amunicji granatnikowej, która dla skutecznego rażenia nie musi trafić bezpośrednio w cel, lecz w jego rejon.



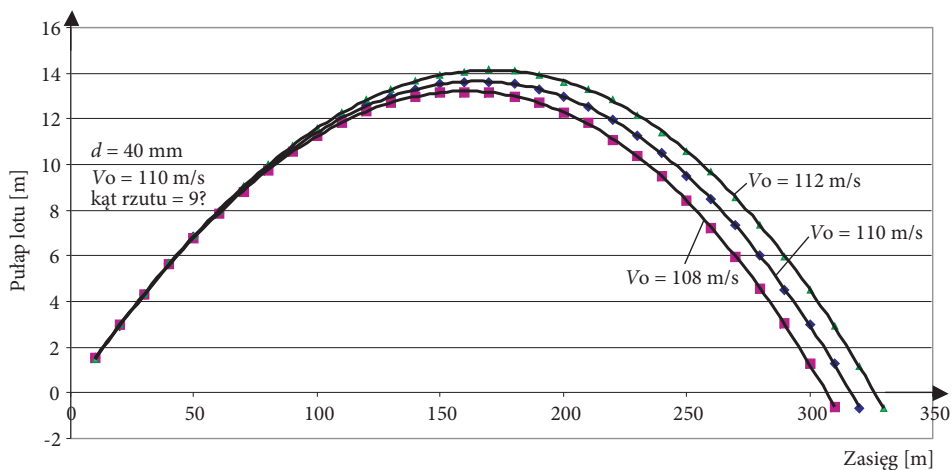
Rys. 1. Różnice w zwalczaniu celów pozostających w ukryciu w zależności od zastosowanej amunicji (www.globalsecurity.org)

Amunicja odłamkowa wybuchająca w powietrzu nad celem znana jest już od dawna. Wspomnieć można chociażby wynalezione na początku XIX w. przez angielskiego generała-majora Henry'ego Shrapnela, pociski artyleryjskie przeznaczone do zwalczania siły żywej. Wypełnione ołowianymi kulkami, wyrzucanymi za pomocą ładunku prochowego, wykorzystujące zapalnik czasowy, zostały po raz pierwszy zastosowane w 1804 r. podczas walk w Surinamie.

Należy zwrócić uwagę na to, że skuteczność tego typu amunicji w znacznym stopniu zależy od miejsca zadziałania zapalnika. Jeżeli zadziała zbyt wysoko nad celem, to odłamki wytracą energię niezbędną do skutecznego rażenia, z kolei zbyt niskie odpalenie ogranicza obszar rażenia. Podobnie istotne znaczenie ma analizowanie punktu eksplozji w płaszczyźnie horyzontalnej. Jeżeli pocisk eksploduje zbyt wcześnie przed celem lub zbyt daleko za nim, skuteczność rażenia celu będzie również zmniejszona. Dotychczas w amunicji granatnikowej stosowano zapalniki czasowe pozwalające zaprogramować punkt eksplozji na torze lotu. Stosując takie rozwiązania, należy jednak uwzględnić, że w każdej amunicji, nawet pochodzącej z jednej partii produkcyjnej, występuje zawsze rozrzut prędkości wylotowych wystrzelianych pocisków. Te nawet niewielkie różnice wpływają znacząco na odległość jaką pocisk zdąży pokonać w zaprogramowanym czasie. Skutkuje to w efekcie końcowym odpaleniem ładunku w miejscu różniącym się od zakładanego, a co się z tym wiąże — niewykorzystaniem w pełni dysponowanej siły rażenia. Obrazuje to rysunek 2.

Ze względu na stosowane kalibry granatników indywidualnych, a także nieduże powierzchnie atakowanych celów wymagane stają się zapalniki o szczególnej precyzji działania, zapewniające odpalenie ładunku dokładnie nad ostrzeliwanym celem.

Założenie opracowania bardziej skutecznego systemu uzbrojenia granatnikowego przeznaczonego dla pojedynczego żołnierza leżało u podstaw dwóch amerykańskich programów badawczych, tj.: XM29 i XM-25. Program XM29 zakładał



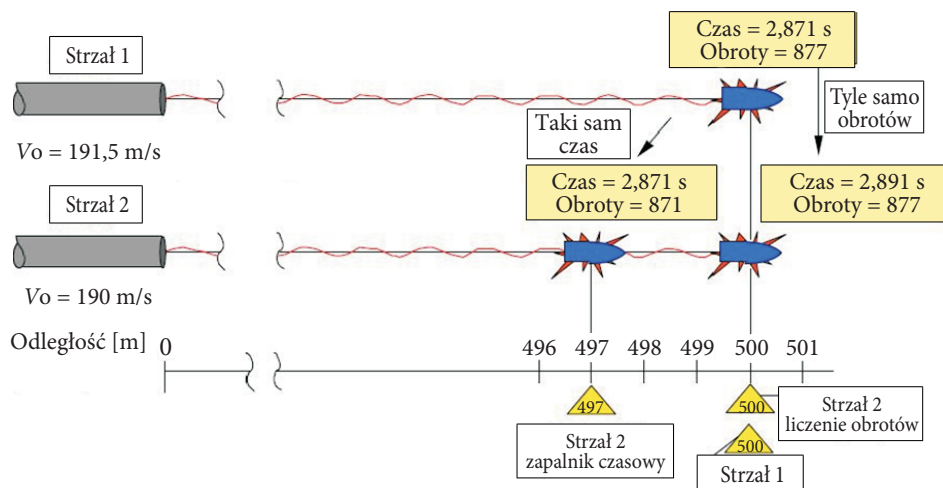
Rys. 2. Przykładowe różnice w torze lotu tego samego pocisku przy wahaniami prędkości początkowej $V_0 = 110 \pm 2 \text{ m/s}$, dla 40 mm amunicji granatnikowej

opracowanie indywidualnego systemu uzbrojenia składającego się z karabinka szturmowego kalibru $5,56 \times 45 \text{ mm}$ i granatnika kalibru 20 mm. Natomiast drugi program, realizowany po zawieszeniu pierwszego, przewiduje opracowanie nowego granatnika o kalibrze zwiększonym do 25 mm.

Niezależnie od wymienionych programów zasadniczym problemem było opracowanie zapalnika zapewniającego znaczne zwiększenie dokładności momentu odpalenia ładunku, gwarantującego tym samym wzrost skuteczności działania pocisku. Istotą zagadnienia było uwzględnienie naturalnie występującego dla każdej amunicji rozrzutu prędkości wylotowych. W opracowanym rozwiązaniu został wykorzystany niestosowany dotychczas parametr fizyczny, występujący podczas lotu pocisku po torze balistycznym, pozwalający niejako uniezależnić moment odpalenia ładunku od prędkości wylotowej. Zaproponowano mianowicie zliczanie ilości obrotów, jakie wykonuje lecący pocisk wokół swojej osi podłużnej, poruszając się po torze i wykorzystanie tej wielkości do sterowania momentem odpalenia. W tym przypadku zadziałanie zapalnika następuje po wykonaniu zaprogramowanej liczby obrotów. Dla konkretnego układu lufa-pocisk umożliwi to uniezależnienie się od wahań prędkości wylotowych. Zawsze bowiem jeden obrót następuje na identycznej długości toru balistycznego, co warunkuje wielkość skoku gwintu zastosowanego w lufie. Istotę działania nowego zapalnika w porównaniu z klasycznym czasowym wyjaśnia dodatkowo rysunek 3.

Praktyczna realizacja nowego zapalnika napotyka jednak na olbrzymie trudności techniczne.

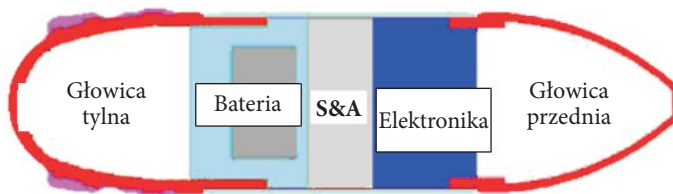
Wymagane jest bowiem umieszczenie w zapalniku układu żyroskopowego zdolnego działać przy obciążeniach występujących podczas strzału. W konkretnym



Rys. 3. Porównanie działania zapalnika czasowego-klasycznego z nowym zliczającym obroty, w przypadku dwóch strzałów różniących się prędkością wylotową (www.globalsecurity.org)

rozwiązaniu amerykańskim zastosowano najnowszą technologię mikro-elektromechanicznych układów nazywaną MEMS. Technologia ta jest obecnie trudno dostępna, zarówno ze względów ekonomicznych, jak i jej dostępności produkcyjnej, staje się osiągalna tylko dla nielicznych państw o najwyższym poziomie rozwoju technologicznego.

Wyjątkowo interesujące jest także rozwiązanie konstrukcyjne nowego pocisku. Zastosowano w nim bowiem dwie główce bojowe rozmieszczone w przedniej i tylnej części pocisku, co ma zapewnić wzrost skuteczności rażenia celu. Schemat rozwiązania przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Schemat budowy nowego granatu małokalibrowego (www.globalsecurity.org)

Wprowadzenie nowego systemu małokalibrowego uzbrojenia granatnikowego skłania do przeprowadzenia porównania go z dotychczasowymi rozwiązaniami wyposażonymi w zapalniki czasowe. Szczególnie interesujące wydaje się porównanie w zakresie dotyczącym analizy balistyki zewnętrznej obu tych rozwiązań. Pozwoli-

łoby to na realną ocenę skuteczności nowego rozwiązania, eliminując występującą w tych przypadkach otoczkę reklamową.

2. Porównanie efektywności nowej i klasycznej amunicji granatnikowej

Wzajemne porównanie amunicji klasycznej stosującej zapalniki czasowe i nowej stosującej zapalniki programowalne wyposażone w układy żyroskopowe, pozwalające zliczać ilość obrotów lecącego pocisku wokół jego osi wzdluznej (w dalszej części zapalniki te nazywane będą żyroskopowymi) dotyczyć będzie precyzji atakowania celu na wybranych odległościach strzału. Przez pojęcie *precyzja* lub *dokładność ataku* rozumiana będzie odległość, w jakiej od określonego celu detonuje poruszający się po torze pocisk. Oczywiście im odległość ta będzie mniejsza tym większa będzie dokładność ataku.

W podejmowanym porównaniu dokonana zostanie analiza wpływu parametrów konstrukcyjnych broni i amunicji na wymienioną dokładność. Efektem niestabilności wymienionych parametrów jest zjawisko rozrzutu prędkości początkowej wystrzeliwanych pocisków. Powoduje to poruszanie się pocisków po torach balistycznych różniących się od zakładanego teoretycznie, a w konsekwencji eksplozję w punkcie innym od zakładanego.

W odniesieniu do przyjętej do porównania amunicji PALLAD założono, że możliwe będzie wystrzelenie jej ze zwiększoną prędkością początkową $V_0 = 110$ m/s. Założenie to wynika z przyjęcia, że amunicja ta zastosowana zostanie w zintegrowanych systemach uzbrojenia indywidualnego karabinek-granatnik, tak jak ma to miejsce w przypadku konstrukcji amerykańskiej. W takim przypadku całkowita masa systemu uzbrojenia wzrasta i zwiększenie prędkości początkowej wystrzeliwanego pocisku staje się w pełni uzasadnione. W omawianym przypadku wzrost prędkości początkowej określony został warunkiem utrzymania energii odrzutu broni na poziomie akceptowalnym dla strzelca.

W tej sytuacji w dalszej części porównane zostaną: nowa amerykańska amunicja XM-1018 HEAB, w której programowanie oparto na układzie żyroskopowym i amunicja typu 40×46 mm stosowana w granatnikach podwieszanych, przy założeniu, że prędkość wylotowa wynosi 110 m/s i zastosowano w niej programowalny zapalnik czasowy.

W celu wykonania porównania przeprowadzone zostaną obliczenia torów za pomocą programu napisanego w języku Delhi, w którym do obliczenia torów lotu pocisków wykorzystano metodę Siacci'ego (opisaną szczegółowo w pozycji lit.1 str. 107-110) dla przyspieszenia ziemskiego $g = 9,81$ m/s² oraz funkcji oporu powietrza Siacci'ego wyrażonej wzorem:

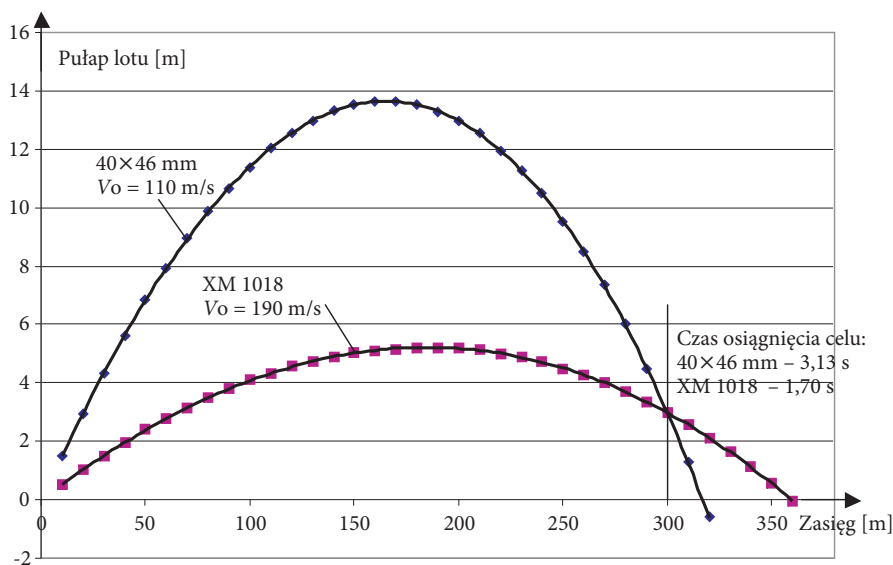
$$F(v) = 0,2002v - 48,05 + \sqrt{(0,1648v - 47,95)^2 + 9,6} + \frac{0,0442v(v - 300)}{371 + \left(\frac{v}{200}\right)^{10}};$$

Wyniki, w celu uzyskania dobrej czytelności, będą przedstawione w postaci wykresów otrzymywanych za pomocą powszechnie stosowanego oprogramowania MS Excel. Z tego też programu uzyskano równania funkcji opisujących poszczególne tory. Pozwoliło to, z wykorzystaniem równania:

$$L = \int_{x1}^{x2} \sqrt{1 + f'(x)^2} dx$$

określić długości rzeczywistej drogi jaką pokonują pociski, lecąc po krzywej toru.

Do obliczeń przyjęto, że rozrzut prędkości początkowych wynosił będzie ± 2 m/s. W przypadku uzbrojeniu przeznaczonego dla pojedynczego żołnierza dawno już zrezygnowano z prowadzenia ognia na odległości większe niż 300-400 m. Taki zasięg skutecznego ognia uznany został za optymalny na dzisiejszym polu walki. Z tych względów dokładność atakowania celu dla obu rodzajów amunicji przeprowadzona będzie dla odległości 300 m. Dla porównania obu rodzajów amunicji przy założeniu tego samego zasięgu, dokonano obliczeń torów dla obu pocisków. Uzyskane wyniki przedstawione są na rysunku 5.



Rys. 5. Porównanie torów lotu amunicji 40 × 46 mm i XM-1018 HEAB przy założeniu eksplozji na dystansie 300 m, na wysokości 3 m nad celem

Już to pierwsze porównanie wykazuje wyraźnie istotne zalety nowej amunicji. Po pierwsze przy strzelaniu na tę samą odległość 300 m amunicja XM-1018 HEAB wymaga zastosowania mniejszych kątów podniesienia lufy. Jest to istotna zaleta z punktu widzenia konstrukcji układów celowniczych i wygody prowadzenia ognia przez strzelca.

Po drugie czas dolotu pocisku do celu ulega znacznemu skróceniu. Oznaczać to będzie, z punktu widzenia celności, skrócenie czasów oddziaływania negatywnych czynników zewnętrznych (np. boczny wiatr) na lecący po torze pocisk, a zatem będzie wpływać na wzrost celności broni.

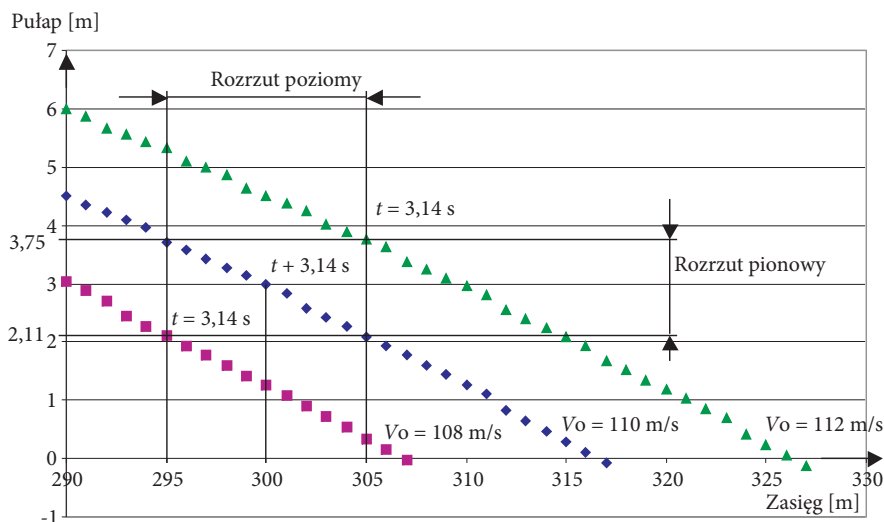
Przejdźmy teraz do metodyki określania dokładności atakowania celu. Prowadzona ona będzie według następującego schematu.

Z analiz dotyczących efektywności rażenia celu przez amunicję granatnikową wiadomo, że przy działaniach na otwartej przestrzeni korzystne jest, gdy eksplozja pocisku następuje na wysokości 3-4 m nad celem. Z wykorzystaniem tego warunku założone zostanie, że przy teoretycznej wartości prędkości początkowej i zmianie kąta podniesienia lufy określony zostanie taki tor lotu, aby pocisk po przebyciu założonej odległości znalazł się na wysokości możliwie zbliżonej do 3 m. Dalsze postępowanie uzależnione zostanie od rodzaju amunicji.

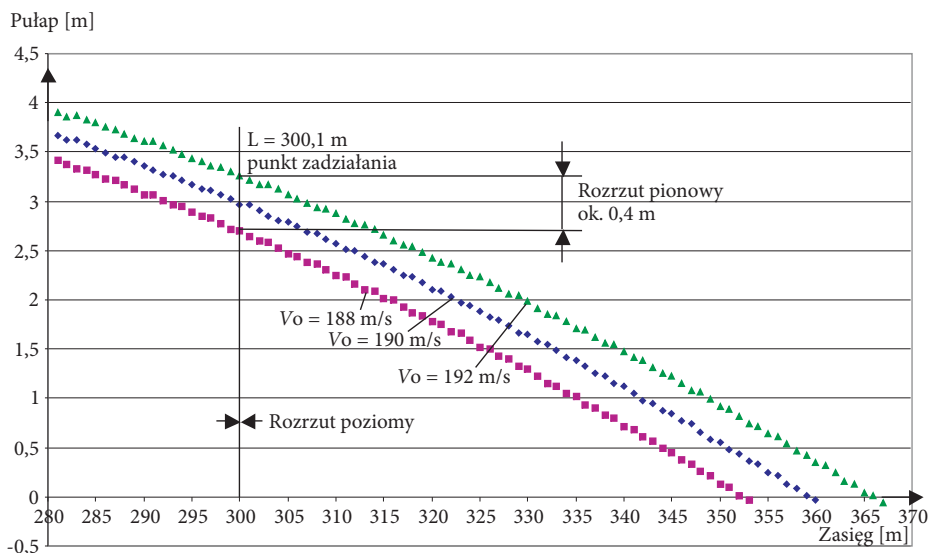
W przypadku amunicji z klasycznym zapalnikiem czasowym określony zostanie dla tak dobranego toru lotu czas, po którym pocisk znajdzie się w zakładanym punkcie. Czas ten zostanie przyjęty jako określony moment zadziałania zapalnika. Następnie zakładając przyjęty rozrzut prędkości początkowych, określone zostaną tory dla dwóch skrajnych wartości prędkości początkowych. Znając poprzednio obliczony czas zadziałania zapalnika, można określić odpowiednie punkty eksplozji dla każdego toru.

Postępowanie w przypadku zapalnika programowalnego zliczającego obroty będzie odmienne. W tym przypadku dla toru odpowiadającego teoretycznej prędkości początkowej określona zostanie odległość drogi na torze odpowiadająca osiągnięciu przez pocisk scharakteryzowanego punktu eksplozji. Następnie podobnie jak poprzednio określone zostaną tory dla skrajnych prędkości początkowych, tj. maksymalnej i minimalnej prędkości początkowej występujących dla założonego rozrzutu ΔV_0 rozpatrywanej amunicji granatnikowej. Po nałożeniu na te tory znanej długości drogi pocisku obliczone zostaną odpowiednie punkty eksplozji. Porównanie wyników obu obliczeń pozwoli ocenić osiąganą dokładność atakowania celu. Wyniki przedstawione zostały w na rysunkach 6 i 7.

Jak widać z powyższych wykresów, skuteczność amerykańskiego rozwiązania jest nieporównywalnie wyższa na rozpatrywanym dystansie 300 m. Rozrzut poziomy rozumiany jako oddalenie, mierzone na osi zasięgu w metrach, punktu eksplozji pocisku od zakładanego punktu dla warunków odpowiadających teoretycznej wartości prędkości początkowej, ze względu na praktyczne pokrywanie się punktów zadziałania zapalników niezależnie od każdej z rozpatrywanych prędkości początko-



Rys. 6. Rozrzut punktów zadziałania pocisku granatnikowego 40 × 46 mm dla założonego czasu lotu 3,14 s i założonego zakresu wahań prędkości początkowych



Rys. 7. Rozrzut punktów zadziałania pocisku XM-1018 HEAB po przebyciu zaprogramowanej długości toru równej 300,1 m i założonego zakresu wahań prędkości początkowych

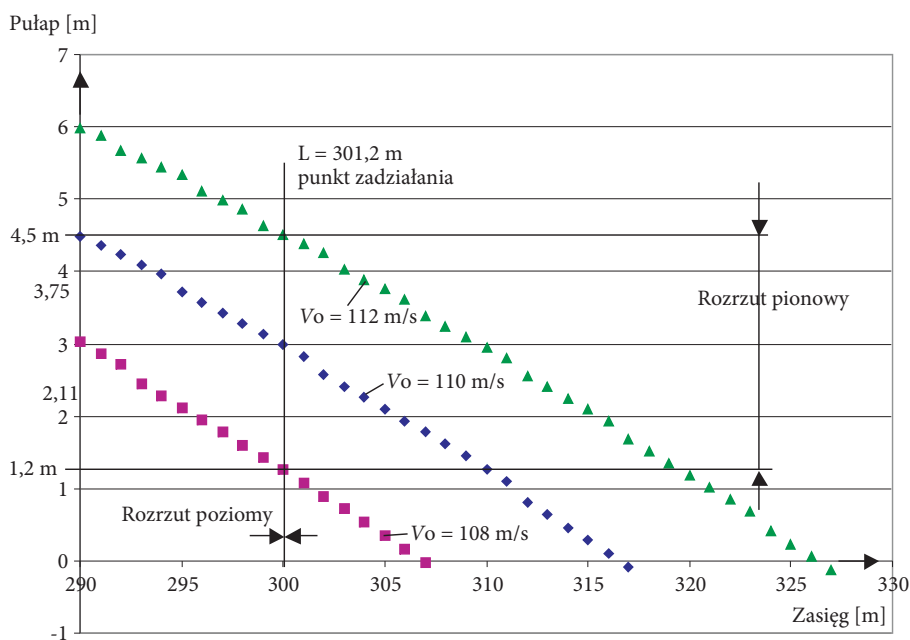
wych, praktycznie nie występuje (różnice poniżej 0,1 m). Oczywiście sytuacja taka ma miejsce przy założeniu idealnego zadziałania zapalnika żyroskopowego. W rzeczywistości jego czas zadziałania z pewnością obarczony jest jakąś dokładnością. Z kolei rozrzut pionowy rozumiany podobnie również jest nieznaczny, mieści się

w wartości ok. 0,4 m, co jest wartością małą, biorąc pod uwagę zakładane pole rażenia pocisku. Jest to przede wszystkim skutkiem stosunkowo płaskiego toru lotu, osiąganego dzięki wysokiej jak na granatnik prędkości początkowej, oraz korzystnym parametrom balistycznym amunicji XM-1018 HEAB.

W przypadku rozwiązania z zapalnikiem czasowym (rys. 6) rozrzut poziomy kształtuje się w granicach ± 5 m. Biorąc pod uwagę pole rażenia pocisku jest to na granicy skutecznego działania odłamków. Z kolei pionowy rozrzut ma wartość około 0,9 m, ponaddwukrotnie więcej niż pocisk XM-1018 HEAB (rys. 7), ale w dalszym ciągu mieszczący się w granicach warunkujących skuteczne działanie. Generalnie rozwiązanie z zapalnikiem czasowym można uznać za skuteczne, jednak w skrajnych przypadkach rozrzut prędkości możliwości amunicji nie zostaną w pełni wykorzystane. Rozwiązanie amerykańskie okazuje się w pełni skuteczne, przy założeniu idealnego zadziałania zapalnika.

Przeprowadzono również analizę zachowania się pocisku 40×46 mm w przypadku gdyby zastosowano zapalnik programowalny zliczający obroty, zakładając zachowanie pozostałych parametrów bez zmian. Wynik przedstawia wykres (rys. 8).

Jak widać z uzyskanego wykresu rozrzut poziomy praktycznie przestaje występować (również tutaj różnice poniżej 0,1 m). Większa i to znacząco jest wartość rozrzutu pionowego sięgająca 1,8 m jednak nie przekracza wartości oznaczających

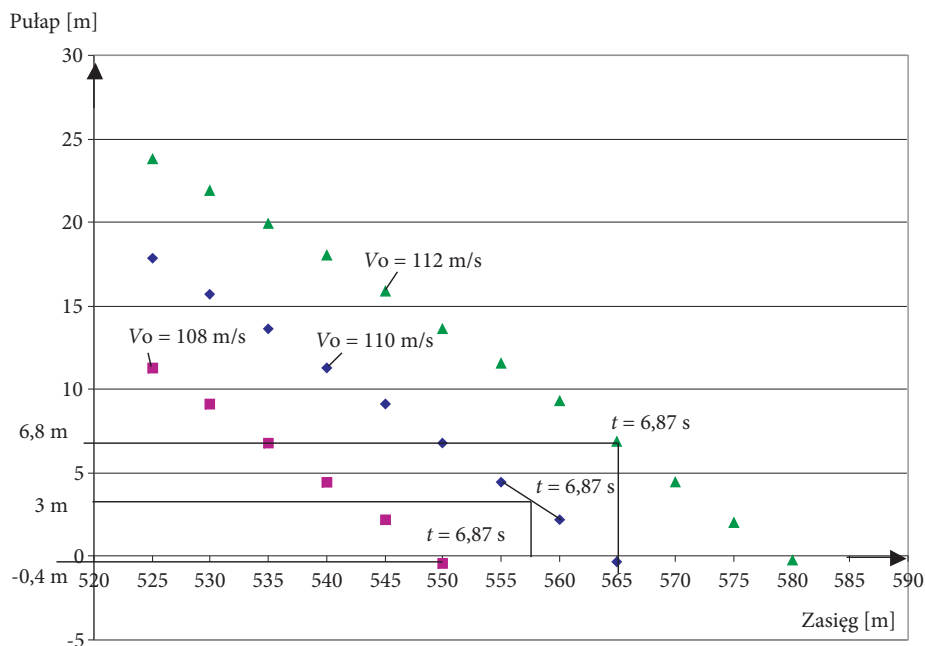


Rys. 8. Rozrzut punktów zadziałania granatu 40×46 mm przy zastosowaniu zapalnika zliczającego obroty

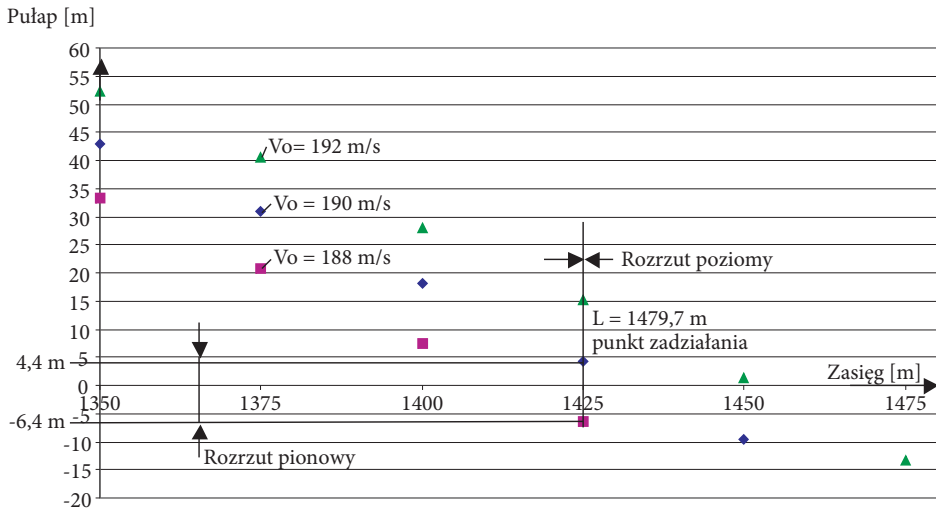
istotne zmniejszenie skuteczności rażenia. Poprawienie wyniku w płaszczyźnie pionowej możliwe jest tylko w przypadku zwiększenia prędkości początkowej, co pociąga za sobą w broni ręcznej potrzebę zmniejszenia kalibru pocisku, chcąc pozostawić odrzut broni na akceptowalnym poziomie.

Przyjrzyjmy się jeszcze jakie są osiągi poszczególnych pocisków przy strzałach oddanych przy maksymalnym kącie podniesienia równym 20° , co jest wartością możliwą do zastosowania w celownikach optycznych dla tego typu broni (rys. 9 i 10).

W tym przypadku okazuje się, że pocisk 40×46 mm dysponuje ponad 2,5-krotnie mniejszym zasięgiem niż pocisk XM-1018 HEAB. Jest to jednak wynik oczywisty, wynikający z różnych prędkości początkowych obu rozwiązań (110 m/s w stosunku do 190 m/s). Co jest jednak znacznie ciekawsze z punktu widzenia własności bojowych, pocisk 40×46 mm na swej maksymalnej donośności uzyskuje rozrzut poziomy znacząco przekraczający zasięg skutecznego rażenia odłamków. Podobnie niekorzystnie sytuacja wygląda w odniesieniu do rozrzutu pionowego. Okazuje się, że przy założonych różnicach prędkości początkowych, pocisk może znaleźć się zarówno za wysoko, jak i wbić w ziemię znacznie przed celem. Oznacza to znaczne zmniejszenie skuteczności amunicji granatnikowej pozbawionej możliwości korekty czasu zadziałania zapalnika w zależności od rzeczywistej prędkości początkowej. Warto też zwrócić uwagę że dla maksymalnego zasięgu pomiędzy poszczególnymi



Rys. 9. Rozrzut punktów zadziałania pocisku 40×46 mm dla założonego czasu lotu 6,87 s, przy kącie podniesienia 20° i założonego zakresu wahań prędkości początkowych



Rys. 10. Rozrzut punktów zadziałania pocisku XM-1018 HEAB po przebyciu zaprogramowanej długości toru równej 1479,7 m, przy kącie podniesienia 20° i założonego zakresu wahań prędkości początkowych

torami występują takie różnice, że nawet wprowadzenie wspomnianej korekty nie poprawi skuteczności w sposób znaczący. W przypadku amerykańskiego rozwiązania wciąż godny podziwu jest brak rozrzutu poziomego, jednak pionowy jest wystarczająco wysoki, by wykluczyć przy takich różnicach prędkości początkowej skuteczny atak. Dla maksymalnych wahań V_0 podobnie jak w poprzednim przypadku granat uderzy w ziemię przy mniejszej prędkości początkowej i eksploduje zbyt wysoko przy prędkości wyższej.

3. Wnioski

Z przeprowadzonych analiz wstępnych, skuteczności atakowania celu przy użyciu małokalibrowej amunicji granatnikowej można sformułować szereg wniosków końcowych.

1. Zastosowanie programowalnych zapalników w pociskach małokalibrowej amunicji granatnikowej w sposób znaczący zwiększa skuteczność rażenia atakowanego celu. W szczególności dotyczy to zapalników wyposażonych w układy pozwalające zliczać liczbę obrotów poruszającego się po torze balistycznym pocisku. Ten typ zapalnika wyróżnia się niezwykle prostym sposobem programowania. Zadawana jest liczba obrotów pocisku, po której ma nastąpić eksplozja. Pozwala to uniezależnić się od wahań prędkości początkowej. Broń nie musi więc być wyposażona w system pomiaru V_0 .

2. Zastosowanie klasycznych zapalników czasowych o zadawanym czasie detonacji na podstawie pomiaru odległości od celu, jak się okazuje jest mało efektywne.
3. Zastosowanie zapalników czasowych programowalnych w chwili wylotu pocisku z lufy mogłoby stanowić rozwiązanie konkurencyjne, ograniczające rozrzut poziomy. Wymaga jednak umieszczania w broni układu pomiaru prędkości, co niewątpliwie podnosi koszty wytwarzania oraz zwiększa ciężar broni. W tym sensie nie jest to korzystne. Ponadto biorąc pod uwagę różnice w kształcie torów, sama korekta czasu, byłaby na dłuższych dystansach niewystarczająca dla poprawy skuteczności (np. rys. 8, pocisk na całej długości toru dla $V_0 = 112$ m/s jest zbyt daleko od zakładanego celu, w tej sytuacji nie ma dobrego momentu do zadziałania zapalnika).
4. Pomimo teoretycznie dużego zasięgu amunicji XM-1018 HEAB, jej skuteczne działanie na maksymalnych zasięgach jest, na skutek wahań prędkości początkowych, praktycznie żadne (znaczące przewyższenia, bądź opadanie dużo przed celem). Pozwala to wnioskować, że jest to amunicja sprawdzająca się jednak głównie na odległościach typowych dla strzeleckiej amunicji pośredniej.
5. Warto zwrócić uwagę również na to, że w dotychczas stosowanej amunicji granatnikowej wykorzystywano maksymalny zasięg amunicji, natomiast nowy pocisk amerykański najlepiej sprawdza się podczas strzelania na odległościach znacznie mniejszych od maksymalnego zasięgu. Na krótkich dystansach objawia się też jego zdecydowana przewaga w precyzji ataku. Co więcej, można przyjąć za pewne, że wykorzystanie do przeprowadzenia ataku, inaczej niż w klasycznych rozwiązaniach, części opadającej toru, jego części wznoszącej, dałoby w efekcie jeszcze większą precyzję ataku, ze względu na minimalne na tym odcinku rozchodzenie się torów występujące w wyniku rozrzutu prędkości początkowych wystrzeliwanych pocisków.
6. Warto byłoby podjąć rozważania, czy zmniejszenie kalibru granatu znajdującego się na uzbrojeniu (niekoniecznie aż do 25 mm), choć okupione pewnym zmniejszeniem pola rażenia, nie byłoby jednak krokiem korzystnym, ze względu na możliwe wtedy do uzyskania większe prędkości początkowe, a co za tym idzie, korzystniejsze tory lotu. Można przypuszczać, że nawet przy zastosowaniu klasycznych zapalników czasowych pozwoliłoby to poprawić precyzję rażenia amunicji granatnikowej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że opracowanie programowalnych zapalników zliczających obroty lecącego na torze pocisku tworzy nową generację małokalibrowej amunicji granatnikowej, mającej szansę stać się kolejnym kamieniem milowym w tej dziedzinie uzbrojenia.

LITERATURA

- [1] J. SZAPIRO, *Balistyka zewnętrzna*, Wydawnictwo MON, Warszawa, 1956.
- [2] I. N. BRONSZTEJN, K. A. SIEMIENDAJEW, *Poradnik encyklopedyczny Matematyka*, PWN, Warszawa, 1959.
- [3] Materiały firmy ATK <http://www.atk.com>
- [4] GlobalSecurity.org <http://www.globalsecurity.org>

J. EWERTOWSKI, M. DRZYMAŁA, W. DĄBROWSKI, J. CHYTŁA

Comparative analysis of selected programming fuzes for grenade ammunition

Abstract. Article contains a comparison of classical time fuzes, and new generation of fuzes programmed to explode after travelling a certain distance, which is calculated by counting the number of the grenade rotations. Comparison shows large differences in field of efficacy of attack between mentioned solutions. It contains also comparison of ballistic traces, points of detonation and conclusions which were drawn.

Keywords: grenade launchers, grenade ammunition, programming fuzes, efficacy of attack

Universal Decimal Classification: 623.44