

mjr dr inż. Rafał BAZELA
dr inż. Piotr BRZOZOWSKI
ppłk dr inż. Mariusz MAGIER
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia

BADANIA POLIGONOWE ZAPALNIKÓW ZBLIŻENIOWYCH DO POCISKÓW MOŹDZIERZOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań poligonowych zapalników zbliżeniowych do amunicji moździerzowej zaprojektowanych w Zakładzie Uzbrojenia Artyleryjskiego w ramach realizacji projektu badawczego rozwojowego nr R00 0001 06.

THE RESULTS OF FIRING TESTS OF PROXIMITY FUSES FOR MORTAR AMMUNITION

Abstract. In this paper we present the results of firing tests of the proximity fuzes for mortar ammunition which was invented in MIAT during realization of the project No R00 0001 06 financially supported by Polish Ministry of Science and High Education.

1. Badania poligonowe dnia 03.09.2010 r.

Przedmiotem badań było siedem 60mm naboji moździerzowych uzbrojonych w zapalniki z sensorami zbliżeniowymi. Badanie przeprowadzono na poligonie Zielonka p. „0”. Cel badań było sprawdzenie działania naboji moździerzowych uzbrojonych w zapalniki zbliżeniowe z modułami laserowymi i radiowymi.

Wyposażenie materiałowo-techniczne:

- zestaw do programowania zapalnika zbliżeniowego z modułem radiowym;
- zestaw do programowania zapalnika zbliżeniowego z modułem laserowym;
- Radar Dopplera: Terma, model: DR-5000 (Fot. 1 i 2);
- 60 mm moździerz balistyczny MB-60, nr 1002002 (Fot. 3).



Fot. 1 i 2. Radar Dopplera DR-5000.



Fot. 3. 60 mm moździerz balistyczny MB-60

Wyniki zestawiono w tabeli 1 i 2.

Tabela 1. Zapalniki z modułami laserowymi

lp.	programowany czas załączenia modułu od chwili wystrzału [s]	programowana wysokość rozcalenia [m]	uwagi
1	11,00	22,0	zadziałał od zakłócenia (brak pomiaru z radaru Dopplera)
2	11,00	22,0	zadziałał od zakłócenia
3	11,00	15,0	zadziałał prawidłowo

Tabela 2. Zapalniki z modułami radiowymi

lp.	programowany czas załączenia modułu od chwili wystrzału [s]	uwagi
1	11,00	zadziałał prawidłowo
2	11,00	zadziałał po 16 s
3	11,00	zadziałał prawidłowo
4	11,00	zadziałał prawidłowo

Podsumowanie badania: Pociski z zapalnikiem laserowym wykazały zbyt dużą czułość na szumy tła (duże nasłonecznienie w trakcie badań poligonowych). Konieczna korekta układu. Jeden z pocisków z zapalnikiem radiowym zadziałał z dala od ziemi z nieustalonego powodu. Należy wykonać dodatkowy pomiar czasu opóźnienia łańcucha ogniowego.

2. Sprawdzenie czasu opóźnienia łańcucha ogniowego - 03.11.2010 r.

Przedmiotem badań były dwa 60 mm naboje moździerzowe uzbrojone w zapalniki specjalne. Cel badań było sprawdzenie czasu opóźnienia łańcucha ogniowego 60mm pocisku moździerzowego. Rozcalono dwa 60 mm naboje moździerzowe. Zmierzono czas opóźnienia łańcucha ogniowego. Mierzono czas od chwili podania impulsu wyzwalamyjącego do chwili rozcalenia pocisku. Wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki pomiaru czasu opóźnienia łańcucha ogniowego

lp.	wartość napięcia na spłonce [V]	czas opóźnienia łańcucha ogniowego [ms]
1	8,4	8,4
2	9,7	12,4

Podsumowanie badania: Czas opóźnienia łańcucha ogniowego jest istotnym parametrem z punktu widzenia dokładności zadziałania zapalnika zbliżeniowego. Przeprowadzone badanie, mimo niewielkiej liczności rozczalonych pocisków, pozwala na oszacowanie tego czasu. Średnia z pomiarów wynosi ok. 10ms. Pocisk moździerzowy może poruszać się z prędkościami rzędu 200m/s, a z tego wynika, że w czasie 10ms przebywa drogę ok. 2m. Wartość opóźnienia łańcucha ogniowego może więc mieć krytyczne znaczenie w przypadku, gdy pożądane jest precyzyjne rozczalenie na niewielkich wysokościach. Konieczna jest korekta wysokości zadziałania zapalników na okoliczność zmierzonego czasu opóźnienia.

3. Badania poligonowe dnia 19.11.2010 r.

Przedmiotem badań było siedem 60mm naboju moździerzowych uzbrojonych w zapalniki z sensorami zbliżeniowymi. Badanie przeprowadzono na poligonie Zielonka p. „0”. Cel badań było sprawdzenie działania naboju moździerzowych uzbrojonych w zapalniki zbliżeniowe z modułami laserowymi i radiowymi.

Naboje wystrzelivano z 60 mm moździerza balistycznego. Wyniki zestawiono w tabeli 4 i 5. Zapalniki po strzelaniu przedstawiają fotografie 6 ÷ 9.



Fot. 4. Zestaw do programowania zapalników zbliżeniowych z modułami radiowymi.



Fot. 5. Programowanie zapalnika zbliżeniowego z modułem laserowym.

Tabela 4. Zapalniki z modułami laserowymi

lp.	programowany czas załączenia modułu od chwili wystrzału [s]	programowana wysokość rozcalenia [m]	uwagi
1	12,00	15,0	zadziałał prawidłowo
2	12,00	15,0	nie zadziałał – zwarcie

Tabela 5. Zapalniki z modułami radiowymi

lp.	programowany czas załączenia modułu od chwili wystrzału [s]	uwagi
1	15,00	zadziałał prawidłowo
2	15,00	zadziałał prawidłowo
3	15,00	nie zadziałał
4	15,00	zadziałał prawidłowo
5	15,00	zadziałał prawidłowo
6	15,00	zadziałał prawidłowo
7	15,00	zadziałał prawidłowo
8	15,00	zadziałał prawidłowo
9	15,00	zadziałał prawidłowo
10	15,00	zadziałał prawidłowo



Fot.6. Zapalnik zbliżeniowy z modulem laserowym po strzelaniu.



Fot. 7. Zapalnik zbliżeniowy z modulem radiowym po strzelaniu.



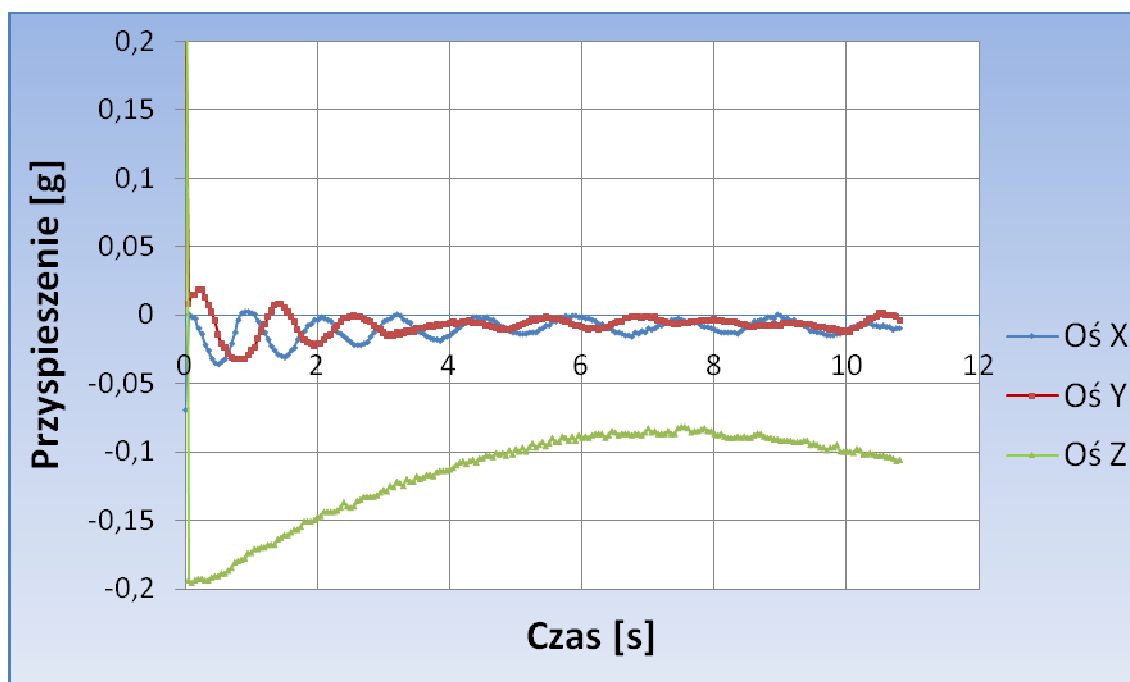
Fot.8. Zapalnik zbliżeniowy z modulem radiowym po strzelaniu - rozłożony.

Podsumowanie badania: Pierwszy zapalnik laserowy zadziałał prawidłowo. W drugim przypadku stwierdzono zwarcie na złączu, które uniemożliwiło prawidłowe działanie zapalnika. Pociski z zapalnikami radiowymi wykazały dużą efektywność działania.

4. Wnioski

Po strzelaniu, w części ze znalezionych pocisków z zapalnikiem zbliżeniowym laserowym zachowała się w stanie nienaruszonym elektronika. Przede wszystkim istotne było tutaj zachowanie się w całości mikrokontrolera, który w czasie lotu pocisku rejestrował w pamięci nieulotnej parametry lotu. W takim przypadku możliwe było odczytanie danych z

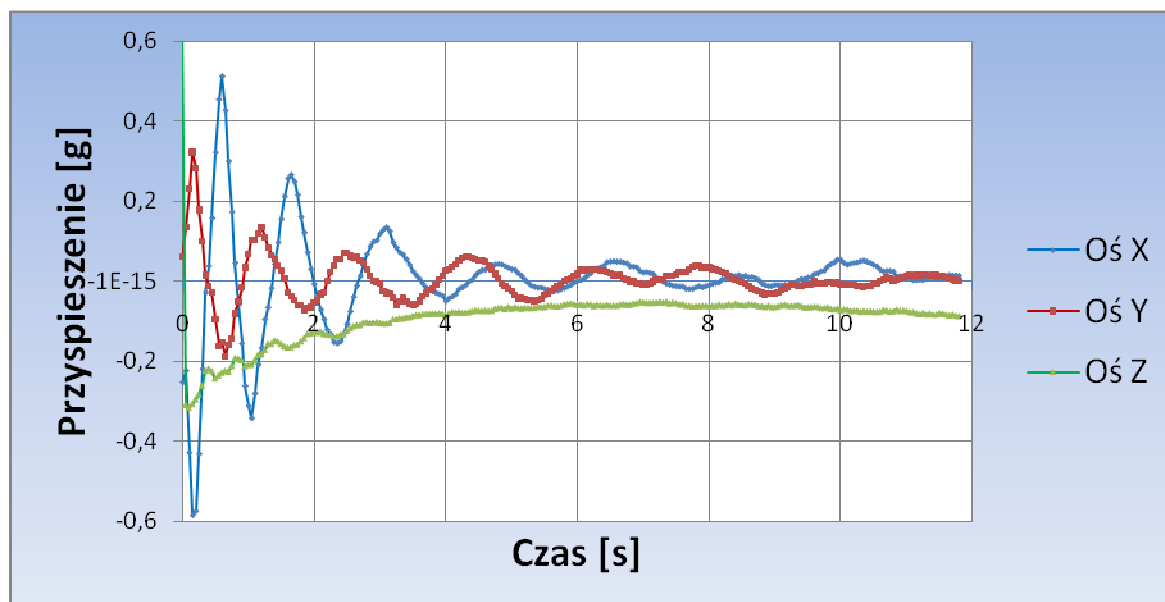
rejestratora zapalnika. Zaletą zaimplementowania funkcji rejestratora była możliwość oceny takich zdarzeń jak temperatura fotodiody w pocisku w trakcie programowania zapalnika i w trakcie lotu pocisku oraz pomiary z akcelerometru. Pomiar temperatury miał na celu sprawdzenie czy w wyniku strzału temperatura fotodiody ulega istotnej zmianie. Wyniki odczytu rozwiąły te wątpliwości, ponieważ temperatura fotodiody zarejestrowana przed strzałem i w momencie włączenia dalmierza nie uległa zmianie. Kolejną informacją wyodrębnioną z rejestratora jest zapis danych z akcelerometru. Odczytany wykres zamieszczono poniżej.



Rys. 1. Pomiary akcelerometru wykonywane przez zapalnik laserowy w trakcie lotu pocisku.

Na wykresie zestawiono przyspieszenia oddziaływujące na zapalnik w trakcie lotu. Oś Z (oznaczona kolorem zielonym) odpowiada osi zapalnika w kierunku strzału. Pozostałe osie odpowiadają płaszczyźnie prostopadłej do kierunku lotu. Czas rejestracji obejmuje 11sek. Taka wartość wynika z tego, że zapalnik przed strzelaniem zaprogramowano tak, aby po jedenastu sekundach włączył dalmierz, co kończy sekwencję rejestracji akcelerometru. Zapis akcelerometru nie obejmuje przeciążeń występujących w momencie wystrzału z tej przyczyny, iż układ zastosowany do pomiaru przyspieszeń mierzy przyspieszenia z zakresie -6 do +6g. Rejestracja przyspieszeń odbywała się z krokiem 50ms. Wartość tego interwału czasowego związana jest z niewielką ilością pamięci nieulotnej mikrokontrolera dostępnej do zapisu. Na wykresie widoczne są dwa zjawiska. Po pierwsze zapis z osi X i Y pokazuje, że pocisk w trakcie lotu wykonuje ruchy obrotowe. Na podstawie ich przebiegu można ocenić, kiedy pocisk ulega stabilizacji. Widoczne jest również, że przyspieszenia wzdłuż osi X i Y nie oscylują wokół wartości zerowej. Dzieje się tak, gdyż pocisk nie porusza się pionowo do góry i wektor przyciągania ziemskiego nakłada się na osie x i y w trakcie obrotu. Kolejnym efektem wpływającym na taki kształt wykresu jest fakt nieosiowej lokalizacji akcelerometru na płycie drukowanej. Drugim zarejestrowanym przez mikrokontroler zjawiskiem jest zapis przeciążeń działających wzdłuż osi strzału. O ile kształt tej krzywej nie jest w żadnej mierze odkrywczy o tyle interesująca jest możliwość dość precyzyjnego określenia z jej przebiegu momentu, w którym pocisk osiąga wysokość wierzchołkową lub inaczej czas, po którym pocisk zaczyna opadanie.

Kolejny pocisk, z którego możliwe było odzyskanie zapisu rejestratora, ujawnił ciekawsze dane. Wykres odczytany z rejestratora przedstawiono na Rys. 10. Wartość tego wykresu jest o tyle większa, że charakter lotu pocisku nie był tak gładki jak pocisku poprzednio omawianego. Widoczne są znacznie większe przeciążenia na płaszczyźnie prostopadłej do kierunku lotu. Co więcej na osi Z odpowiadającej przeciążeniom na osi lotu, ujawniła się niestabilność lotu pocisku. Efekt ten jest szczególnie widoczny dla pierwszych 4 sekund wykresu. Taki kształt sugeruje, że pocisku ten miał tendencję do chybotańcia się.



Rys. 2. Pomiary akcelerometru wykonywane przez zapalnik laserowy w trakcie lotu pocisku nr 2.

Z wyników powyższych badań wynikają następujące wnioski:

- zastosowanie akcelerometru umożliwia prostą analizę charakterystyki lotu,
- możliwa jest analiza w czasie rzeczywistym w celu wykrycia anomalii / niestabilności lotu pocisku
- możliwe jest uzyskanie z wyników pomiaru informacji na temat czasu osiągnięcia wierzchołkowej przez pocisk. Informacja ta daje szansę pracy zapalnika w trybie „bez programowania” gdyż z pomiarów akcelerometru można dobrze ocenić moment, kiedy należy włączyć dalmierz (przy założeniu, że ustalona jest standardowa wysokość zadziałania zapalnika nad ziemią).

W wyniku prac zaprojektowano i wykonano modele funkcjonalne dwóch rodzajów mózdzierzowych zapalników zbliżeniowych (radiowy i laserowy). Najważniejsze cechy obu konstrukcji zestawiono w tabeli 6. Dla porównania zamieszczono również cechy typowego zapalnika czasowego opracowanego w WITU. Wybór typu zapalnika jest zależny od specyfiki wykonywanego zadania bojowego, kosztów oraz warunków atmosferycznych. Nowoopracowane zapalniki nie wymagają stosowania specjalizowanych układów elektronicznych ani wyrafinowanych rozwiązań mechanicznych, dzięki czemu ograniczono koszty ich produkcji. Konstrukcja mechaniczna i optyka zostały wykonane w kraju. Elementy elektroniczne są komercyjnie dostępne i nie wymagają specjalnych zezwoleń na import. Zakupiona ze środków projektu aparatura pomiarowa umożliwiła zestawienie odpowiedniego stanowiska pomiarowego do badań laboratoryjnych radiowych zapalników zbliżeniowych. Po zakończeniu projektu aparatura zostanie ponownie użyta do realizacji innych projektów.

Tabela 6. Zbiorcze zestawienie wad i zalet poszczególnych typów zapalników.

Typ zapalnika	czasowy*	zbliżeniowy radiowy	zbliżeniowy laserowy
Koszt wytworzenia zapalnika	b. niski	niski	wysoki
Podatność na zakłócenia (celowe i przypadkowe)	b. niska	wysoka	średnia
Zasięg maksymalny czujnika	n/d	średni (do 6m)	duży (ponad 20m)
Zakres regulacji odległości zadziałania (przy programowaniu)	n/d	brak (w obecnej wersji)	2 do 25m
Możliwość wykrycia pracy zapalnika na dolocie**	b. niska	wysoka	średnia
Odporność na warunki atmosferyczne	b. wysoka	wysoka	niska
Pobór mocy przez zapalnik	b. niski	wysoki	wysoki
Odporność na przeciążenia	b. wysoka	wysoka	średnia
Objętość/masa zapalnika	mała	średnia	duża

* dla porównania wykorzystano typowy moździerzowy zapalnik czasowy opracowany przez WITU

** nie uwzględniano możliwości wykrycia pocisku jako takiego przez radar

W podsumowaniu należy stwierdzić, że wyniki wszystkich przeprowadzonych prac (od koncepcji przez konstrukcję do badań poligonowych) pokazały, że przyjęte założenia i rozwiązania konstrukcyjne są poprawne i spełniają pokładane w nich nadzieje. Osiągi opracowanych zapalników są porównywalne z podobnymi konstrukcjami na świecie. Ze względu na koszty produkcji i gabaryty zapalnika korzystniejszym jest rozwiązanie z radiowym pomiarem odległości. Po dostosowaniu do produkcji seryjnej opracowana konstrukcja radiowego zapalnika zbliżeniowego daje realne szanse na poszerzenie arsenału wojsk lądowych o niedostępną obecnie na rynku krajowym amunicję odłamkowo-burzącą z efektem rozpryskowym dla artylerii lufowej i raketowej wyposażoną w krajowy zapalnik zbliżeniowy.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2008-2010 jako projekt badawczy rozwojowy nr R00 0001 06.