

## **NABÓJ Z POCISKIEM OBSERWACYJNYM DLA SYSTEMU BRONI I AMUNICJI SBAO-40. KONCEPCJA REALIZACJI**

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono przegląd rozwiązań istniejących konstrukcji 40 mm naboju granatnikowych z pociskami obserwacyjnymi oraz wyniki analiz mających na celu określenie podstawowych parametrów konstrukcyjnych dla potrzeb opracowania analogicznego pod względem funkcjonalnym rozwiązania w Polsce. W rozważaniach tych uwzględniono krajowe warunki produkcyjne oraz możliwości zaopatrzenia w podzespoły elektroniczne. Nabój, który zostanie opracowany według zaprezentowanych założeń, uzupełni rodzinę krajowej amunicji 40x46 mm do systemu broni i amunicji obezwładniającej SBAO-40, znacznie rozszerzając zakres zadań realizowanych za pomocą granatnika podwieszanego i samodzielnego tej rodziny. Ponadto konstrukcja ta wpisuje się w koncepcję przyszłościowego indywidualnego systemu wyposażenia żołnierza polskiego, zapewniając prowadzenie rozpoznania obrazowego na najniższym szczeblu taktycznym.

## **SURVEILLANCE ROUND FOR SBAO-40 WEAPON AND AMMUNITION SYSTEM. CONCEPT OF DESIGN**

**Abstract:** This article presents a review of existing 40mm grenade rounds equipped with video system and the results of an analysis helping to decide about the basic construction parameters of a new, similar design in Poland. The limitations of Polish industry facilities and available supply sources of electronic components were taken into consideration. The round designed according to presented assumptions would fill the family of 40x46mm ammunition of a SBAO-40 weapon and ammunition system, allowing to increase the amount of tasks possible to achieve with that equipment. Moreover it will fulfill demands of future individual weapon and equipment system of Polish soldier.

### **1. Wstęp**

Prowadzenie nowoczesnych działań bojowych wymaga stałego dopływu informacji o przeciwniku i to praktycznie na każdym szczeblu, choć rodzaj informacji jak i głębokość rozpoznania będą różne na każdym z nich. Spośród dostępnych obecnie środków rozpoznania obrazowego można wymienić:

- Zdjęcia satelitarne;
- Zdjęcia lotnicze w tym otrzymywane z BSL dalekiego i średniego zasięgu;
- BSL krótkiego zasięgu;
- Miniaturowe BSL oraz pociski wystrzeliwane z granatników, moździerzy itp.

Głównym zastosowaniem satelitów obserwacyjnych jest rozpoznanie strategiczne pozwalające na rozpoznanie rozmieszczenia baz oraz ruchów wojsk na terytorium potencjalnego przeciwnika, bez narażania sprzętu lotniczego, życia pilotów oraz naruszania przestrzeni powietrznej obcego kraju. Rozdzielczość zdjęć w technologii dostępnej dla Polski

wynosi 0,5÷1 m (dostępna na świecie 0,1 m). Długi czas rewizyty (16 dni) praktycznie uniemożliwia wykorzystanie tego środka na niższych szczeblach. Koszty satelity (wraz z infrastrukturą) sięgają miliarda złotych przy dość krótkiej żywotności 3÷5 lat.

BSL o długim czasie operacyjnym (np. Phoenix) mają możliwość ciągłego przebywania nad celem na pułapie 15 000÷20 000 m, zapewniając rozdzielczość zdjęć 0,15÷0,3 m. Do wad należy zaliczyć: wysoki koszt – projekt 10 mln pln, okres międzyresursowy rządu 6 miesięcy oraz dosyć rozbudowaną infrastrukturę naziemną. Zastosowaniem takich rozwiązań jest nadzór granic, rozpoznanie terenu podczas sytuacji kryzysowych (np. klęski żywiołowe) jak również patrolowanie terenów zajętych przez przeciwnika nie posiadającego broni zdolnej razić cele na wysokości 15÷20 km (np. tereny zajmowane przez partyzantów).

BSL krótkiego zasięgu – obecnie podczas misji stabilizacyjnej w Afganistanie WP używa BSL Orbiter. Oferuje on zasięg do 15 km, pułap operacyjny 3000 m i czas trwania lotu 90; min cena zestawu wynosi 1,75 mln pln. Orbiter spełnia swoje zadanie jako środek do rozpoznania terenu przed walką, obserwacji terenu przed kolumną pojazdów czy w końcu narzędzie do kierowania ogniem artylerii jednak jego stosowanie przez małe grupy taktyczne ograniczone jest masą zestawu (2 plecaki po 20 kg) oraz czynnościami przygotowawczymi przed startem związanymi z rozłożeniem katapulty oraz stacji odbiorczej. W terenie kontrolowanym przez przeciwnika utrudnione jest też odzyskanie samolotu.

Jak widać istnieje potrzeba uzupełnienia istniejącej luki jaką jest brak środków rozpoznania pozwalających drużynie dokonać rozpoznania taktycznego najbliższego terenu (200-300 m) i wykryć ewentualne stanowiska ogniowe, pojazdy i żołnierzy przeciwnika znajdujących się za budynkami i przeszkodami terenowymi. Rozwiązaniem może być użycie miniaturowego BSL lub pocisku obserwacyjnego wystrzeliwanego z granatnika. Zaletą tego ostatniego jest krótki czas przygotowania do działania kilka - kilkanaście sekund, małe rozmiary i masa sprzętu oraz prosta obsługa, nie wymagająca wcześniejszego specjalistycznego treningu, koszt zaś stanowi promil kosztów pozostałych środków rozpoznania. Słuszność założeń oraz możliwość opracowania takiej konstrukcji potwierdza fakt istnienia takich rozwiązań opracowanych przez przemysł zbrojeniowy USA, Izraela oraz Singapuru.

## **2. Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych amunicji obserwacyjnej**

Nabój HUNTIR (High-altitude Unit Navigated Tactical Imaging Round) (fot. 1), produkowany przez amerykańską firmę Martin Electronics Inc., ma budowę zbliżoną do naboju oświetlającego. Aluminiowy korpus pocisku mieści ładunek rozcalający z opóźniaczem pirotechnicznym oraz kamerę IR CMOS ze spadochronem – wyrzucaną na wysokości około 300 m. Obraz video w formacie NTSC jest przekazywany do odbiornika naziemnego, na odległość do 1,5 km (fot. 2).

Według odmiennej koncepcji został skonstruowany izraelski nabój Firefly (Rafael) (fot. 1). Jego pocisk ma rozkładany stabilizator oraz płaty nośne zamiast spadochronu – dzięki temu tor lotu jest bardziej płaski a wierzchołkowa wynosi około 150 m, co zwiększa czas lotu do 8 s i długość obserwowanego wycinka terenu do 600 m.

Dwie kolorowe kamery video CCD są zamontowane prostopadle do osi pocisku (pocisk nie obraca się – jego średnica jest mniejsza od kalibru broni i wynosi 38 mm; długość 155 mm) dając możliwość uzyskania obrazu 3D oraz ortofotomapy o rozdzielczości piksela 0,2 m. W oparciu o tę samą technologię powstał też obserwacyjny granat nasadkowy.



**Fot. 1. Istniejące rozwiązania granatnikowej amunicji obserwacyjnej, od lewej: HUNTIR, Firefly i SPARCS**



**Fot. 2. Próbką obrazu zarejestrowanego przez kamerę pocisku HUNTIR**

Nabój SPARCS (Soldier Parachute Aerial Reconnaissance Camera System) (fot. 1) singapurskiej firmy ST Kinetics ma bardziej klasyczną konstrukcję. Kamera CMOS opadająca na spadochronie rejestruje pojedyncze, kolorowe obrazy, które są składane w przenośnej (walizkowej) stacji odbiorczej w jedno zdjęcie większego wycinka terenu; obraz może być następnie transmitowany do innych urządzeń indywidualnych. Opcjonalnym wariantem ma być odbiornik zintegrowany z oporządzeniem indywidualnym i wyświetlaczem nahełmowym.

Na obecną chwilę rozwiązania te nie mają żadnych odpowiedników w konstrukcjach europejskich, co potencjalnie zwiększa szanse eksportowe polskiego produktu (a docelowo również pozostałych rozwiązań z rodziny „SBAO-40”).

### 3. Analiza podstawowych parametrów użytkowych naboju

Ze względu na przeznaczenie, najważniejszą charakterystyką będzie rodzaj przekazywanego obrazu. Dla promienia obserwacji  $r=100\text{m}$ , proporcje wymiarów obrazu 4:3 oraz rozmiaru punktu  $p=0,05\text{m}$  wymagana będzie minimalna rozdzielczość:

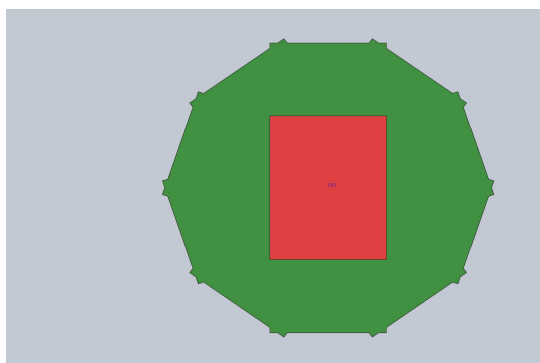
$$R_m = \frac{0,75r^2}{p^2} \cdot 10^{-6} = 3\text{Mpx}$$

Przy założeniu że stojący żołnierz (z oporządzeniem, widziany z góry) ma rozmiary  $0,6 \times 0,6\text{m}$  otrzymujemy obraz złożony ze 144 pixeli, co powinno pozwolić na identyfikację obiektu.

Obraz z kamery do operatora może być przekazywany w dwóch podstawowych postaciach: filmu lub zdjęcia. Oba te sposoby mają pewne wady i zalety:

Film pozwala na łatwiejsze wychwycenie zmian w otoczeniu. Oko i mózg ludzki w procesie ewolucji przystosowane zostały do łatwego wykrywania ruchu w otoczeniu, odruchowo skupiamy się na elementach które zmieniają swoje położenie w czasie. Ponadto film pozwala na szybsze i łatwiejsze ustalenie czy przeciwnik się porusza a jeżeli tak to w jakim kierunku i z jaką szybkością. Wadą filmu jest jednak obciążenie łącza oraz jednostki obliczeniowej większą ilością danych, co powoduje spadek jakości obrazu w porównaniu do zdjęć. Aby uzyskać płynny (dla ludzkiego oka) film potrzebne jest co najmniej 50 klatek na sekundę oraz niezbędne wyeliminowanie ruchu obrotowego pocisku-nosiciela kamery.

Zdjęcia pozwalają na uzyskanie wyższej rozdzielczości obrazu i są łatwiejsze w obróbce od filmu. Zaletą zdjęć jest również możliwość zobrazowania większego obszaru przy takim samym polu widzenia kamery, poprzez umieszczenie jej pod kątem w stosunku do osi pionowej i zapewnieniu powolnego ruchu obrotowego oraz utworzenie mozaiki z kilku tak powstałych obrazów (Rys.1). Pozwala to na zobrazowanie ponad czterokrotnie większej powierzchni przy pięciokrotnej redukcji ilości przesyłanych danych oraz poprawie jakości obrazu. Zaletą tej formy przedstawiania obrazu jest brak potrzeby dokładnej stabilizacji pocisku w fazie opadania. Co więcej, nieduża amplituda odchylenia od osi pionowej ( $5 \div 10$  stopni) oraz powolny ruch obrotowy (maksymalna prędkość obrotowa uzależniona jest od szybkości rejestracji obrazu przez kamerę - powinna ona być w stanie wykonać co najmniej 10 nieporuszonych zdjęć w czasie jednego obrotu) są zjawiskiem pozwalającym na zwiększenie obrazowanej powierzchni.



**Rys. 1. Porównanie wielkości obszaru zobrazowanego za pomocą filmu i mozaiki 10 zdjęć**

Przewaga zalet wskazuje na zdjęcia jako preferowaną formę przekazywania informacji (przy uwzględnieniu na etapie projektu możliwości ewentualnej modyfikacji i dostosowania do przekazywania filmów). Jednym z zagadnień związanych z wykonywaniem zdjęć

(nagrywaniem obrazu) w ruchu jest jego stabilizacja. Możliwe są dwa podstawowe rozwiązania:

Stabilizacja mechaniczna polegająca na wprowadzenie kamery w ruch (za pomocą silników elektrycznych lub układu pneumatycznego, hydraulicznego itp.) który kompensuje wahania i obrót pocisku, pozwalając kamerze zachować stały wektor kierunku względem ziemi oraz wyeliminować obracanie obrazu.

Zaletą tego rozwiązania jest możliwość sterowania ruchem kamery co pozwala na wybór obszaru terenu który chcemy obserwować oraz wyższa (przeważnie) jakość obrazu niż w przypadku stabilizacji cyfrowej. Jednak rozwiązanie takie ma wiele wad takich jak: Zwiększenie masy układu, wprowadzenie dodatkowych elementów ruchomych które mogą zostać uszkodzone na skutek wysokich przeciążeń, konieczność wprowadzenia dodatkowych czujników (akcelerometrów) pozwalających na określenie zmiany położenia kamery, wprowadzenie jednostki obliczeniowej analizującej i korygującej zmianę położenia, zwiększenie kosztów urządzenia poprzez umieszczenie dodatkowych elementów w pocisku który nie jest odzyskiwalny.

Stabilizacja cyfrowa polega na przesłaniu obrazu do stacji naziemnej, gdzie na podstawie analizy punktów charakterystycznych sfotografowanego terenu następuje obróbka obrazu (przesunięcie, obrót, przeskalowanie) a następnie połączenie poszczególnych klatek. Rozwiązanie takie ma następujące zalety: obniżenie masy, uproszczenie konstrukcji, niższa cena jednostkowa pocisku przy podniesieniu jego niezawodności, możliwość utworzenia mozaiki złożonej z kilku klatek przedstawiających różne fragmenty terenu, możliwość użycia techniki HDR pozwalającej na korekcję naświetlenia poszczególnych elementów obrazu co pozwala uniknąć wysokich kontrastów i ostrych przejść światło-cień (w przypadku trudnych warunków oświetleniowych). Wadą takiego rozwiązania jest przeważnie gorsza jakość obrazu niż w przypadku stabilizacji analogowej oraz większe zapotrzebowanie na moc obliczeniową w stacji naziemnej.

Ze względu na specyfikę zastosowania, wymagającą osiągnięcia jak największej wysokości przez pocisk oraz następnie jak najwolniejszego jej wytracania, lot pocisku powinien zostać rozdzielony na 2 fazy.

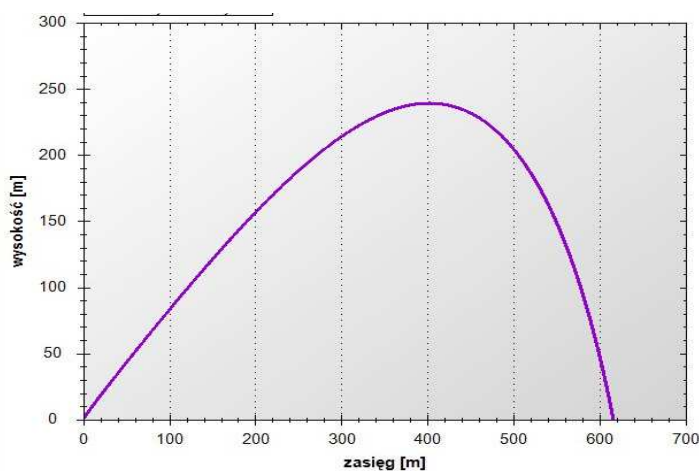
Pierwsza faza lotu – od początku ruchu pocisku do osiągnięcia maksymalnej wysokości nie różni się od „zwykłego” pocisku granatnikowego, potencjalnym problemem jest konieczność zmniejszenia przeciążeń działających na pocisk ze względu na możliwość zastosowania komponentów elektronicznych o niższej wytrzymałości na przyspieszenia. Zastosowanie takich komponentów pozwala na obniżenie kosztów całego pocisku oraz pozwala na wybór z większej puli dostępnych rozwiązań, w tym takich które nie są objęte obostrzeniami eksportowymi.

Aby osiągnąć taki efekt możliwe jest zastosowanie dodatkowego silnika raketowego pozwalającego na osiągnięcie zakładanego pułapu po wystrzeleniu pocisku z możliwie najmniejszą prędkością początkową. Analiza miotania pocisku w układzie dwukomorowym wykazała, że pocisk o masie całkowitej 0,2 kg wystrzelony na wysokość 200 m jest poddany przeciążeniom rzędu 13500. Przeprowadzono również analizę lotu pocisku o napędzie raketowym (rys. 2) – w analogicznych warunkach maksymalne przyspieszenia nie powinny przekroczyć 20 wartości przyspieszenia ziemskiego.

Tak radykalne zmniejszenie sił działających na pocisk w pierwszej fazie lotu pozwala na zastosowanie szerokiej gamy różnych podzespołów elektronicznych które nie wytrzymałyby wystrzelenia jedynie za pomocą układu dwukomorowego lub klasycznego.

Pozwala to na zwiększenie rozdzielczości przekazywanego obrazu przy jednoczesnym zmniejszeniu ceny jednostkowej pocisku, zwiększeniu niezawodności oraz uniknięciu problemów z uzyskaniem pozwoleń eksportowych na podzespoły elektroniczne o podwyższonej odporności na przeciążenia.

Druga faza lotu – od momentu osiągnięcia maksymalnej wysokości - pocisk powinien mieć maksymalnie zmniejszoną prędkość opadania aby zapewnić jak najdłuższy czas przekazywania obrazu. Preferowanym rozwiązaniem jest zastosowanie spadochronu hamującego ze względu na prostotę konstrukcji oraz możliwość zaadaptowanie dostępnych rozwiązań.



**Rys. 2. Tor lotu 40 mm pocisku z dodatkowym napędem raketowym**

Skok bruzd lufy granatnika nadaje pociskowi prędkość obrotową rzędu 80 obr/sek, zapewniającą stabilizację, niezbędną w pierwszej fazie lotu. Natomiast w drugiej fazie ruch obrotowy powinien zostać zminimalizowany, w przeciwnym wypadku wykonywane zdjęcia będą poruszone.

Maksymalna prędkość wirowania powinna być na tyle niska aby kamera zdążyła zarejestrować co najmniej 10 klatek zdjęć w trakcie wykonywania pojedynczego obrotu. Całkowite wyeliminowanie ruchu obrotowego nie jest wskazane ze względu na to, że wyeliminowany został by efekt „omiatania” terenu. Wskazane jest wykorzystanie spadochronu hamującego w celu spowolnienia ruchu obrotowego.

W pierwszej fazie projektu zakładane jest użycie kamery działającej w zakresie pasma widzialnego, przy uwzględnieniu na etapie projektu możliwości zastosowania innych rodzajów kamer (noktowizja, termowizja z chłodzeniem pasywnym) co daje perspektywę stworzenia całej gamy pocisków obserwacyjnych do systemu SBAO przy minimalizacji potencjalnych nakładów finansowych.

Urządzenie obserwacyjne oparte na pocisku granatnikowym dla rodziny SBAO składać się będzie z dwóch głównych podzespołów: pocisku z kamerą i nadajnikiem oraz centralnej jednostki obliczeniowej będącej stacją odbiorczą, przetwarzającą i wizualizującą otrzymane dane.

Z punktu widzenia integracji systemu SBAO z programem „TYTAN” preferowanym rozwiązaniem jest możliwość odbioru i przetwarzania obrazu przez centralną jednostkę Indywidualnego Systemu Walki, może to jednak spowodować obciążenie go dodatkowym zadaniem wymagającym dużej mocy obliczeniowej, implikując niepotrzebne skomplikowanie układu i podniesienie jego kosztów a wykonywanie zadań związanych z obserwacją terenu będzie stanowiło tylko znikomy procent czasu działania.

W takim wypadku akceptowalnym rozwiązaniem może okazać się użycie dedykowanego urządzenia peryferyjnego opartego na karcie graficznej z wbudowanym procesorem (np. karty graficzne nVIDIA w technologii CUDA), przyjmującego na siebie wszystkie zadania związane z obróbką obrazu. Rozwiązanie takie ma dodatkową zaletę jaką jest możliwość użycia dedykowanego oprogramowania zoptymalizowanego do tego konkretnego zadania co pozwala na lepsze wykorzystanie dostępnej mocy obliczeniowej i zmniejszenia

energochłonności układu. Samodzielna jednostka zwiększy również zakres aplikacji naboju obserwacyjnego.

Przy wyświetlaniu informacji powinny zostać wykorzystane (w miarę możliwości) elementy systemu żołnierza przyszłości „TYTAN”, ponieważ nie są one do tej pory do końca zdefiniowane a ponadto prawdopodobnie będą ulegały ciągłym zmianom i modyfikacjom wraz z rozwojem dostępnych technologii, istnieje więc konieczność uwzględnienia na etapie projektu łatwej modyfikacji sposobu wyświetlania. Ogólnie możemy wyróżnić dwa preferowane sposoby prezentowania obrazu operatorowi:

Użycie wyświetlacza panelu sterowania systemu „TYTAN” co pozwala na uniknięcie potrzeby użycia dodatkowego sprzętu co zmniejsza masę oraz koszt urządzenia oraz pozwala na prezentację obrazu kilku osobom jednocześnie (np. podczas ustalania zadań w grupie)

Użycie wyświetlacza najełmowego pozwala na zwiększenie wygody użytkowania (pozwala na dokonywanie obserwacji przy jednoczesnej możliwości wykonywania innych czynności pozostawiając obie ręce wolne oraz zapewniając możliwość ruchu. Eliminuje również problemy z widocznością obrazu na ekranie w pełnym słońcu oraz zmniejsza ryzyko wykrycia przez przeciwnika na podstawie światła emitowanego przez wyświetlacz. Pozwala również na subiektywne powiększenie wielkości wyświetlanego obrazu.

#### **4. Wnioski**

Na podstawie przeprowadzonych analiz można sformułować następujące wnioski:

1. Granatnikowa amunicja obserwacyjna spełnia wymagania programu „Indywidualne Systemy Walki – kryptonim TYTAN”, tak więc celowym jest kontynuowanie prac w tym kierunku;
2. Kluczowym problemem dla konstrukcji naboju będzie dobór układów elektronicznych; ze względu na ich dostępność oraz czynniki ekonomiczne należy rozważyć alternatywne warianty wykorzystujące zespoły powszechnie dostępne; w takiej sytuacji może być konieczne zastosowanie nietypowych układów miotających – np. dodatkowego napędu raketowego;
3. Opracowany nabój rozszerzy bogatą krajową rodzinę amunicji 40x46 mm, umożliwiając wykonywanie całkowicie nowych zadań;
4. Opracowanie pocisku obserwacyjnego (docelowo również wersji termo i noktowizyjnej) wpisuje się w koncepcje systemu SBAO-40 rozszerzając jego możliwości oraz szanse na eksport.

#### **Literatura**

- [1] Kupidura P., Woźniak R., Zahor M., Broń i amunicja strzelecka pojedynczego żołnierza, praca zbiorowa pod redakcją naukową Z. Mierczyka „Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia”, Redakcja Wydawnictw Wojskowej Akademii Technicznej, Warszawa, 2008.
- [2] Kupidura P., Woźniak R., Zahor M. „Uzbrojenie polskiego żołnierza XXI wieku w kontekście prowadzonych prac naukowo-badawczych” VII Międzynarodowa konferencja uzbrojeniowa Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia i bezpieczeństwa, Pułtusk 8-10.10.2008.
- [3] Kamiński R., Kupidura P., Woźniak R., Zahor M. „Wyniki prac nad polskim systemem broni i amunicji obezwładniającej SBAO-40” VII Międzynarodowa konferencja uzbrojeniowa Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia i bezpieczeństwa, Pułtusk 8-10.10.2008.
- [4] Materiały reklamowe firm Martin Electronics Inc., Rafael, ST Kinetics.