



Koncepcja zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej rozproszonej baterii lub dywizjonu armat 35 mm*

Konrad SIENICKI¹, Krzysztof MOTYL¹, Tomasz ZAWADA²

¹Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki,
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa,

²CNPEP RADWAR S.A., ul. Poligonowa 30, 04-051 Warszawa

Streszczenie. W artykule przedstawiono koncepcję zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej rozproszonej baterii lub dywizjonu armat 35 mm realizowaną w ramach projektu rozwojowego na lata 2009-2011. Efektem końcowym realizacji projektu będzie demonstrator technologii umożliwiający badania symulacyjne zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej, który wykorzystuje elementy wykrywania celów, podziału zadań, śledzenia celów i kierowania ogniem armat 35 mm z wykorzystaniem amunicji programowalnej i klasycznej. Na podstawie badań symulacyjnych powstanie koncepcja takiego systemu obrony przeciwlotniczej krótkiego zasięgu.

Słowa kluczowe: obrona przeciwlotnicza, zautomatyzowany system kierowania ogniem, modelowanie i symulacja komputerowa

1. WSTĘP

Doświadczenia wyniesione z prowadzonych na świecie licznych działań militarnych potwierdzają tezę, że panowanie w przestrzeni powietrznej jest jednoznaczne z wygraniem konfliktu zbrojnego.

* Artykuł był prezentowany na VIII Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, Pułtusk, 6-8 października 2010 r.

Obecnie Siły Zbrojne RP nie dysponują nowoczesnymi artyleryjskimi środkami ogniowymi, które umożliwiałyby zwalczanie szerokiego spektrum zagrożeń z powietrza na zakładanych zasięgach. RADWAR S.A. jest producentem: systemów przeciwlotniczych krótkiego zasięgu wyposażonych w armaty przeciwlotnicze kalibru 23 mm, 57 mm, zestawów raketowych i artyleryjsko-raketowych, a także uzbrojenia zawierającego armatę przeciwlotniczą KDA o kalibrze 35 mm zastosowaną w zestawie PZA LOARA (rys. 1) oraz armacie holowanej SAN (rys. 2).



Rys. 1. Przewodniczy zestaw artyleryjski Loara (RADWAR S.A.)

Fig. 1. Anti-aircraft artillery system Loara ((RADWAR S.A.)



Rys. 2. Model laboratoryjny automatycznej armaty KDA 35 mm (RADWAR S.A.)

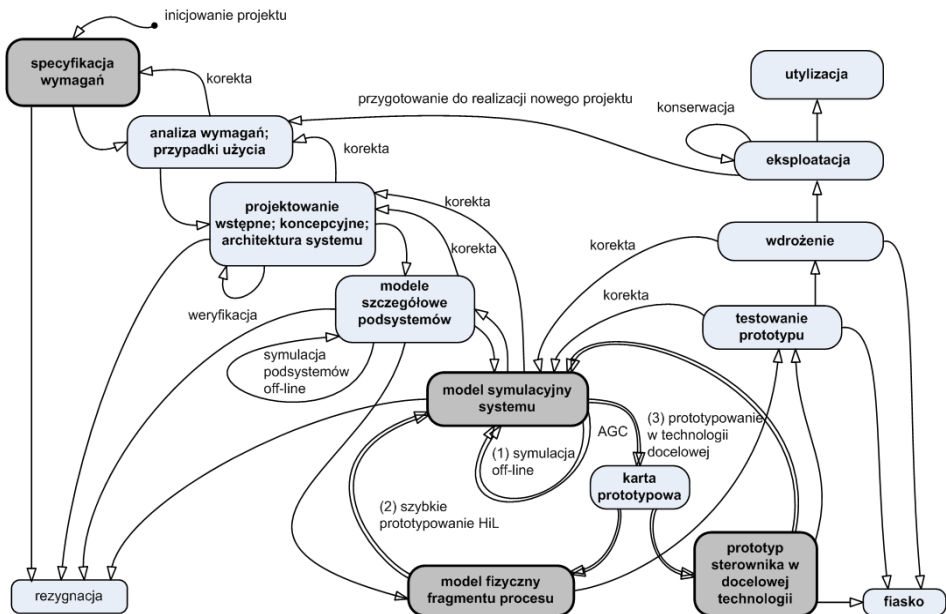
Fig. 2. Laboratory model of automatic 35 mm KDA cannon (RADWAR S.A.)

RADWAR oraz WAT posiadają duże doświadczenie w projektowaniu oraz produkowaniu systemów dowodzenia i kierowania ogniem krótkiego zasięgu (systemy Blenda, Loara, Kobra, Rega, Łowcza) oraz w budowie i modernizacji sprzętu raketowego (NEWA-SC, WEGA-C, GROM), które składają się z elementów rozpoznania sytuacji powietrznej, elementów dowodzenia i kierowania ogniem oraz środków ogniowych zarówno artyleryjskich, jak i raketowych. Obecnie na świecie mamy do czynienia z szybko zmieniającymi się wymaganiami dla systemów obrony przeciwlotniczej. Pojawiają się nowe wymagania, które narzucają konieczność szybkiego doboru elementów systemu, takich jak: radar krótkiego zasięgu o odpowiedniej dokładności i czasach odświeżania informacji, łącza transmisji danych, układy nawigacji, ilość i jakość środków ogniowych artyleryjskich i raketowych w zależności od wykonywanego zadania bojowego. W tym wszystkim nie można pominąć kosztów. Obecnie pojawiają się takie wyzwania, jak obrona baz i obiektów przed atakiem pociskami moździerzowymi, artyleryjskimi (haubicznymi) i raketowymi kierowanymi i niekierowanymi. Poszukuje się rozwiązań o jak najbardziej korzystnym stosunku efekt/koszt, ponieważ pociski moździerzowe, rakiety niekierowane, bezałogowe aparaty latające są bardzo tanie w porównaniu do szkód, które mogą wyrządzić i dlatego przewiduje się, że będą masowo stosowane na współczesnym polu walki zarówno symetrycznym, jak i asymetrycznym.

W przyszłości pojawią się też bardzo tanie produkowane przez USA pociski rakietowe typu Cruise, których cena jednostkowa szacowana jest na około 5000 dolarów.

2. OPIS PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA MOŻLIWEGO DO ZASTOSOWANIA W PRAKTYCE GOSPODARCZEJ I SPOŁECZNEJ

Aby wyprodukować system obrony przeciwlotniczej o korzystnym stosunku efekt/koszt, należy wykonać dokładne analizy dające odpowiedzi na następujące pytania: co powinien zawierać taki system, jak powinien działać i według jakich algorytmów? Jedną z najlepszych i najtańszych metod są komputerowe badania symulacyjne, gdyż nie wymagają angażowania kosztownego sprzętu (rys. 3).



Rys. 3. Komputerowe badania symulacyjne w procesie projektowania systemu

Fig. 3. Computer simulation research in the design process of the system

Badania symulacyjne można wykonać jeszcze przed wykonaniem prototypu urządzeń, co znacznie zmniejsza koszt projektowania i wytwarzania elementów systemu. Badania symulacyjne potrafią uzasadnić: dlaczego do zrealizowania pewnych zadań taktycznych niezbędny jest kosztowny radar wykrywająco-wskazujący krótkiego zasięgu o dużej dokładności; dlaczego armaty powinny być wyposażone w układ inercyjnej nawigacji, a kiedy można z niego zrezygnować; kiedy armata powinna stać na betonowej stabilnej podstawie, a kiedy dopuszczalne jest podwozie holowane lub samobieżne gąsienicowe? Badania symulacyjne potrafią dać odpowiedź na pytanie: ile armat należy użyć do obrony danego obszaru, aby uzyskać zamierzone prawdopodobieństwo trafienia i zniszczenia celu przy minimalnym koszcie?

Badania tego typu prowadzą takie europejskie firmy, jak: Oerlikon Contraves i Rheinmetall. Na podstawie symulacji Monte Carlo firma Oerlikon Contraves ocenia prawdopodobieństwo, wartość oczekiwaną i wariancję trafienia w cel o danych wymiarach subpociskami amunicji rozcalanej AHEAD. Na powyższe parametry wpływa ilość subpocisków znajdujących się w danym pocisku kasetowym oraz rozrzut armaty. Na tej podstawie powstaje ocena: ile armat powinno znajdować się w baterii, jaka powinna być ich celność i dokładność zorientowania oraz ile pocisków powinna wystrzelić każda armata do poszczególnego celu? I tak np. Oerlikon Contraves twierdzi, że aby skutecznie bronić bazę wojskową przed atakiem pociskami moździerzowymi, należy armaty 35 mm posadzić na betonowej podstawie. Holowane podwozie jest za mało stabilne i znacznie zmniejsza celność armaty.

Analizy i badania symulacyjne prowadzone przez firmy zbrojeniowe na świecie nie są jawne. Firmy nie dzielą się wiedzą na temat konfiguracji zestawu obrony przeciwlotniczej krótkiego zasięgu. Oferują całe skonfigurowane systemy za niemałe pieniądze. Często elementem systemu kierowania ogniem jest oprogramowanie eksperckie, które doradza, jak zorganizować obronę przeciwlotniczą danego obszaru. Oprogramowanie takie korzysta z wielu badań i analiz symulacyjnych, o których mowa wcześniej.

2.1. Planowany efekt końcowy realizacji badań przemysłowych i prac rozwojowych objętych projektem

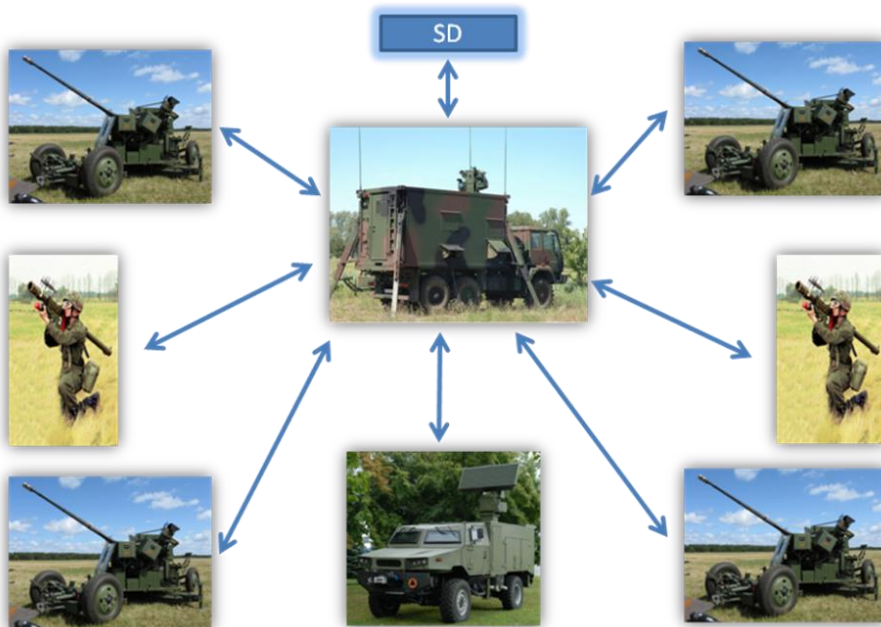
Efektem końcowym realizacji projektu będzie demonstrator technologii umożliwiający badania symulacyjne zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej (baterii przeciwlotniczej lub dywizjonu), który wykorzystuje elementy wykrywania celów, podziału zadań, śledzenia celów i kierowania ogniem dział 35 mm z wykorzystaniem amunicji programowalnej i tradycyjnej. Na podstawie badań symulacyjnych powstanie koncepcja takiego systemu obrony przeciwlotniczej krótkiego zasięgu.

Wynikiem realizacji pracy badawczo-rozwojowej będą:

- a) model komputerowy systemu obrony przeciwlotniczej krótkiego zasięgu (baterii lub dywizjonu) umożliwiający badania symulacyjne;
- b) projekt koncepcyjny systemu obrony przeciwlotniczej krótkiego zasięgu w postaci dywizjonu lub rozproszonej baterii przeciwlotniczej wykorzystującej elementy wykrywania celów, podziału zadań, śledzenia celów i kierowania ogniem dział 35 mm z wykorzystaniem amunicji programowalnej i tradycyjnej;
- c) dokumentacja techniczna oprogramowania stanowisk komputerowych tworzących komputerowy model symulacyjny systemu obrony przeciwlotniczej krótkiego zasięgu;
- d) wyniki i analiza badań symulacyjnych;
- e) algorytmy matematyczne zaimplementowane np. w C/C++, które zostaną wdrożone do sprzętu produkowanego w RADWAR S.A., znacznie podnosząc jakość, skuteczność i konkurencyjność wyrobów na rynku krajowym i zagranicznym.

3. PROPOZYCJA STRUKTURY ORGANIZACYJNEJ, WYPOSAŻENIA ORAZ KANAŁÓW CELOWANIA ROZPROSZONEJ BATERII LUB DYWIZJONU ARMAT 35 MM

Jednym z głównych zadań cząstkowych projektu jest opracowanie analizy przydziału celów do środków ogniowych tzw. kanałów celowania zestawu. W związku z tym należy rozważyć organizację kanałów celowania i opracować zagadnienie organizacji i zarządzania środkami ogniowymi, zapewniając odpowiednią siłę ognia przeznaczoną do zwalczania celów powietrznych. Propozycję organizacji, wyposażenia i kanałów celowania rozproszonej baterii lub dywizjonu armat 35 mm przedstawiono na rysunkach 4-6, a wyposażenie baterii i dywizjonu zamieszczono w tabelach 1-3.



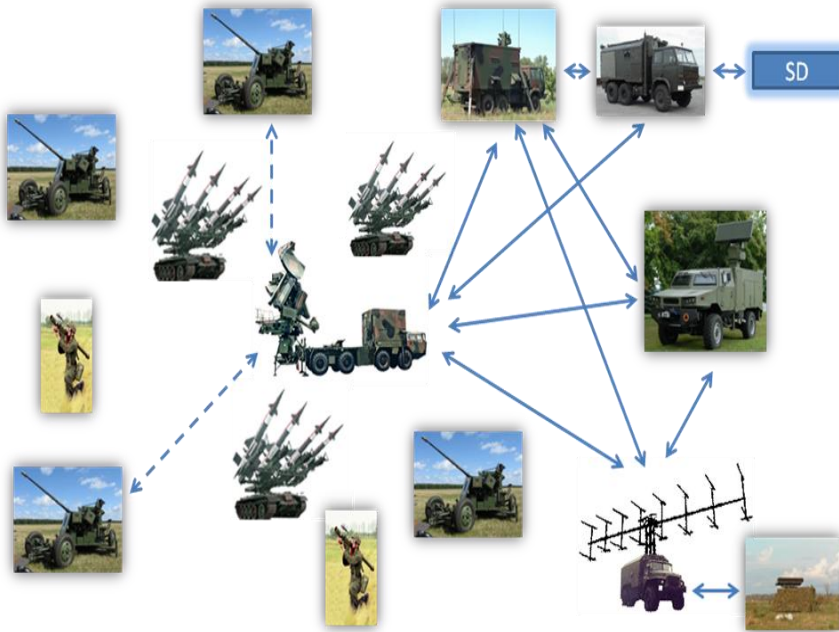
Rys. 4. Bateria artylerii przeciwlotniczej

Fig. 4. Battery of anti-aircraft artillery

Tabela 1. Wyposażenie baterii artylerii przeciwlotniczej

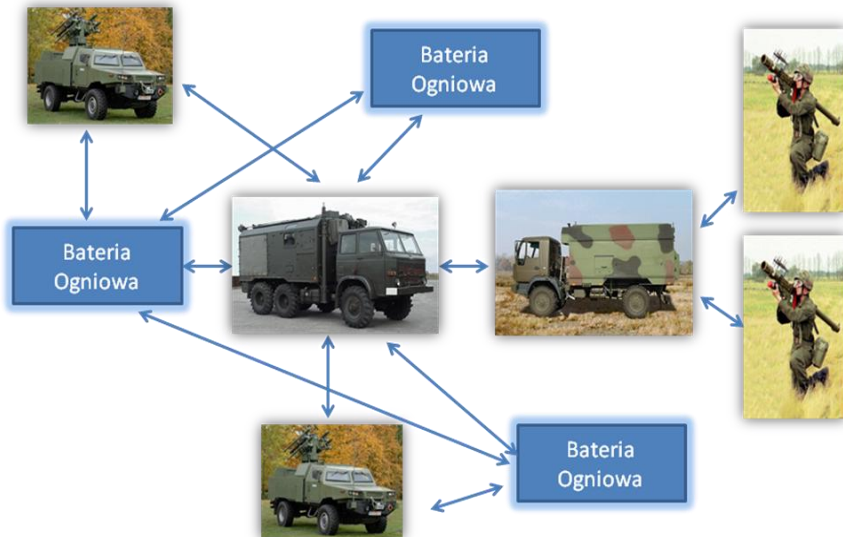
Table 1. Equipment of anti-aircraft batteries

Lp.	Parametr taktyczny	Ilość
1	Liczba armat	4÷6
2	Liczba kanałów celowania	1 – artyleryjski 1÷3 – raketowe
3	Liczba wyrzutni rakiet VSHORAD	2÷6
4	Radiolokacyjne środki wykrywania	1
5	Pasywne środki wykrywania	1



Rys. 5. Rakietowo-artyleryjska bateria przeciwlotnicza

Fig. 5. Battery of anti-aircraft rocket-artillery



Rys. 6. Rakietowo-artyleryjski dywizjon przeciwlotniczy

Fig. 6. Squadron of anti-aircraft rocket-artillery

Tabela 2. Wyposażenie raketowo-artyleryjskiej baterii przeciwlotniczej

Table 2. Equipment of anti-aircraft batteries

Lp.	Parametr taktyczny	Ilość
1	Liczba armat	4÷6
2	Liczba kanałów celowania	1 – artyleryjski 1÷3 – raketowe VSHORAD 1 – raketowy SHORAD
3	Liczba wyrzutni raket VSHORAD	2÷6
4	Radiolokacyjne środki wykrywania	3
5	Pasywne środki wykrywania	2

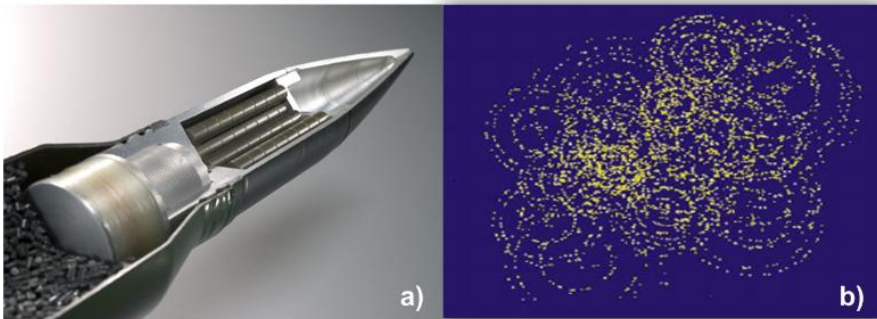
Tabela 3. Wyposażenie raketowo-artyleryjskiego dywizjonu przeciwlotniczego

Table 3. Equipment of anti-aircraft rocket-artillery squadron

Lp.	Parametr taktyczny	Ilość
1	Liczba armat	12÷18
2	Liczba kanałów celowania	3 – artyleryjskie 5÷11 – raketowe VSHORAD 3 – raketowe SHORAD
3	Liczba wyrzutni raket VSHORAD	14÷26
4	Radiolokacyjne środki wykrywania	9
5	Pasywne środki wykrywania	8

4. AMUNICJA PROGRAMOWALNA AHEAD I SKUTKI JEJ UŻYCIA DO CELÓW POWIETRZNYCH TYPU RAM

Zagrożenia występujące na współczesnym polu walki, szczególnie w misjach wojskowych, w których uczestniczą jednostki Wojska Polskiego, wymuszają stosowanie uzbrojenia o zwiększonej precyzji trafienia. Zmianą jakości obrony przeciwlotniczej Sił Zbrojnych RP jest zastosowanie amunicji programowalnej typu AHEAD, skutecznie zwalczającej obiekty typu RAM, bezpilotowe obiekty latające i niszczącej urządzenia optoelektroniczne montowane na czołgach i pojazdach opancerzonych (rys. 7).

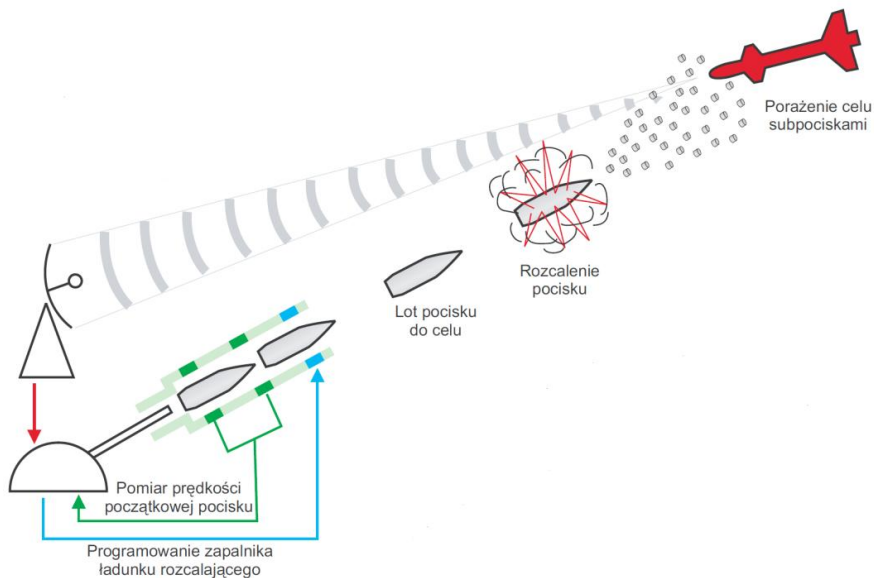


Rys. 7. Szwajcarska amunicja programowalna typu AHEAD (Oerlikon Contraves):
a) widok przekroju pocisku z podpociskami,
b) chmura podpocisków po rozcaleniu

Fig. 7. Swiss programmable AHEAD ammunition (Oerlikon Contraves)
a) sectional view of the bullet with subprojectiles,
b) area covered by subprojectiles of AHEAD ammunition

Problematyka pracy badawczej jest aktualna, gdyż w kraju prowadzone są równoległe prace badawcze i konstrukcyjne nad zdalnie sterowanym systemem przeciwlotniczym kalibru 35 mm oraz amunicją programowalną, rozcalaną typu ABM (ang. *Air Burst Munition*). Po opracowaniu i wdrożeniu w kraju tego typu amunicji zostanie również opracowany model matematyczny lotu pocisku i algorytm obliczania prawdopodobieństwa trafienia celu amunicją programowalną.

Szwajcarski koncern zbrojeniowy Oerlikon Contraves AG zaproponował swój system AHEAD (ang. *Advanced Hit Efficiency and Destruction*). System ten składa się z programowalnej amunicji artyleryjskiej i automatycznej armaty, umożliwiającej programowanie. Pocisk artyleryjski kalibru 35 mm o masie 750 g zawiera w sobie 152 subpociski w postaci 3-gramowych walcowych kształtek z ciężkiego i twardego stopu wolframowego, umieszczonych w jego środkowej części. Prędkość początkowa pocisku wynosi około 1050 m/s. Ładunek rozcalający o masie poniżej 1 g znajduje się tuż za subpociskami i jest detonowany w określonym czasie za pomocą elektronicznego zapalnika programowanego w momencie opuszczenia przez pocisk lufy armaty. Obudowa pocisku jest tak ukształtowana, że wybuch ładunku rozcalającego powoduje oddzielenie się czepca balistycznego i jej wzdłużne rozpadnięcie się na cztery równe fragmenty. Uwolnione subpociski kontynuują lot w postaci wiązki poszerzającej się w kształcie stożka o kącie wierzchołkowym około 10 stopni. Zasadę działania szwajcarskiego systemu AHEAD zaprezentowano na rysunku 8.



Rys. 8. Schemat działania szwajcarskiej amunicji AHEAD (Oerlikon Contraves AG)

Fig. 8. Diagram of the Swiss AHEAD ammunition AHEAD (Oerlikon Contraves AG)

Amunicja AHEAD doskonale nadaje się do niszczenia samolotów bojowych, małych bezpilotowych aparatów latających, rakiet typu Cruise, kierowanych rakiet manewrujących oraz pocisków powietrze-ziemia, w tym pocisków przeciwradiolokacyjnych. Amunicja AHEAD jest skuteczna do wszystkiego, co ma „inteligencję” na pokładzie, którą można zepsuć subpociskiem wolframowym, który uszkodzi bloki elektroniki lub optoelektroniki.

Amunicja AHEAD jest szczególnie przydatna do obrony radaru, ponieważ prawdopodobieństwo trafienia co najmniej jednym subpociskiem w małą rakietę przeciwradiolokacyjną wynosi około 40% (przy serii 35 pocisków AHEAD). Jeden subpocisk ma zdolność przebijania powłoki ze stopu aluminium o grubości do 40 mm, w przypadku nadlatującego celu. Już jeden subpocisk może uszkodzić układy sterujące i zniszczyć rakietę. Dla porównania, prawdopodobieństwo trafienia w rakietę przeciwradiolokacyjną pociskiem podkalibrowym wynosi około 0,5% dla serii 35 pocisków wystrzelonych do celu.

Obecnie oferowana amunicja AHEAD nie jest skuteczna do zwalczania celów RAM. Z analiz teoretycznych wynika, że nie jest możliwe zdetonowanie celu RAM w powietrzu, poprzez trafienie subpociskiem w cel RAM (poza mało prawdopodobnym przypadkiem bezpośredniego trafienia w zapalnik kontaktowy). Istnieje duża liczba trajektorii lotu obiektów RAM, dla których

trafienie nawet 10 subpociskami nie powoduje odchylenia od trajektorii nominalnej, wykraczającego poza naturalny rozrzut pocisku klasy RAM. W przygotowaniu jest amunicja AHEAD, projektowana specjalnie do niszczenia obiektów RAM.

5. PODSUMOWANIE

1. Głównym celem wykonania, w trakcie realizacji projektu, wymienionych badań teoretyczno-doświadczalnych jest sprecyzowanie założeń projektowych dla systemu uzbrojenia opartego na armacie 35 mm produkowanej w Polsce, uzupełnionego ewentualnie o zestaw raketowy krótkiego zasięgu.
2. Opracowanie nowoczesnych metod sterowania zautomatyzowanym systemem obrony wymaga wykonania numerycznego modelowania ruchu pocisków artyleryjskich, modelowania funkcjonowania elementów armat oraz statków powietrznych z uwzględnieniem zmian warunków otoczenia oraz występujących zakłóceń.
3. Śledzenie obiektów powietrznych w kanałach radiolokacyjnym i pasywnym (kamera termowizyjna lub telewizyjna) wymaga przetwarzania sygnałów w czasie rzeczywistym. Generacja, rejestracja oraz analiza sygnałów radiolokacyjnych wymagają specjalistycznej aparatury badawczo-pomiarowej.
4. Opracowywanie i wykonanie badań symulacyjnych zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej rozproszonej baterii lub dywizjonu armat 35 mm może stać się uzupełnieniem elementów obrony baz lotniczych oraz bazy pocisków antyraketowych. Wykonana na ich podstawie bateria armat może stanowić uzupełnienie stref rażenia zestawów bliskiego i średniego zasięgu. Rozwój baz obrony przeciwlotniczej będzie miał szeroki wpływ na rozwój lokalnej społeczności i bezpieczeństwa państwa. Zaproponowane badania są uzupełnieniem programów, tj. POPRAD i SAN.
5. Wytworzone w trakcie realizacji projektu narzędzia do badań symulacyjnych wyposażą RADAWAR S.A. w możliwość sprecyzowania dokładnych wymagań i założeń adekwatnie do stawianych zadań bojowych, co znacznie poprawi skuteczność artyleryjskich zestawów przeciwlotniczych, opartych na armacie KDA 35 mm i produkowanych w Polsce. Zwiększy to znacznie możliwości eksportowe polskich zakładów zbrojeniowych, co przekłada się na realne zyski w gospodarce narodowej.
6. Zastosowanie wyrafinowanej techniki cyfrowej pozwoli na zwiększenie prawdopodobieństwa detekcji obiektów oraz poprawi jakość i dokładność śledzenia. Zastosowanie mieszanych sposobów pracy układów śledzących (metody radiolokacyjne lub pasywne) zwiększy przeżywalność PZA na współczesnym polu walki.

7. Przeprowadzenie badań symulacyjnych zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej rozproszonej baterii lub dywizjonu armat 35 mm pozwoli na podniesienie obronności Wojsk Obrony Przeciwlotniczej. Osiągnięte to zostanie poprzez zwiększenie prawdopodobieństwa trafienia celu oraz zwiększenie efektywności wykorzystania armat.
8. Oprócz możliwości eksportowych, system uzbrojenia oparty na armacie 35 mm ma olbrzymi rynek zbytu w Wojsku Polskim. Zainteresowanie armatą KDA 35 mm z amunicją programowalną i klasyczną wykazują Wojska Lądowe, Siły Powietrzne oraz Marynarka Wojenna. System ten znacznie wpłynie na poprawę bezpieczeństwa państwa.
9. Zastosowanie zintegrowanego systemu szkoleniowego podniesie poziom wyszkolenia obsługi, zwiększy poziom bezpieczeństwa współpracy z własnym lotnictwem oraz zmniejszy konieczność zużywania dużej ilości amunicji na poligonach podczas ćwiczeń.
10. Opracowywanie i wykonanie badań symulacyjnych zautomatyzowanego systemu obrony przeciwlotniczej rozproszonej baterii lub dywizjonu armat 35 mm pozwoli na przeniesienie technologii wojskowych do rozwiązań przemysłowych. Szczególnie istotnymi rozwiązaniami będą:
 - a) odległościowe sterowanie obiektami o dużej stałej czasu,
 - b) opracowanie procedur przetwarzania sygnałów o szerokim spektrum częstotliwości,
 - c) opracowanie nowych bloków przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych,
 - d) opracowanie metod automatycznego śledzenia obiektów przy wykorzystaniu videotrackera,
 - e) opracowanie systemów rejestracji i analizy pracy osób funkcyjnych,
 - f) modelowanie złożonych systemów dynamicznych.

Artykuł zawiera wyniki pracy finansowanej ze środków na naukę w latach 2009-2011 jako projekt rozwojowy nr R 00 00031 09.

LITERATURA

- [1] www.rheinmetall-defence.com

The Idea of Automated Anti-aircraft Defense System of Distributed Battery or Squadron Equipped with 35 mm Canons

Konrad SIENICKI, Krzysztof MOTYL, Tomasz ZAWADA

Abstract. In this article the idea of automated anti-aircraft defense system was presented. The system consists of distributed battery or squadron of 35 mm canons and is realizing as development project in 2009-2011 years. The project realization final effect will be technology demonstrator which enables computer simulation research of automated anti-aircraft defense systems which uses components of: target detection, task distribution, target tracking and fire control of 35 mm canons with usage of programmable and classical ammunition. Based on computer simulation research the conception (project) of such a short range anti-aircraft defense system will be created.

Keywords: anti-aircraft defense, automated fire control system, modeling and computer simulation

