

Stanisław Czeszejko

Wymagania operacyjne wobec współczesnych radarów systemu obrony powietrznej

Obronność - Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Obrony Narodowej nr 1(5), 44-61

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

AUTOR

Stanisław Czeszejko

staszajko@poczta.onet.pl

WYMAGANIA OPERACYJNE WOBEC WSPÓŁCZESNYCH RADARÓW SYSTEMU OBRONY POWIETRZNEJ

Zagrożenia

Jakie założenia konstrukcyjne stacji radiolokacyjnych pozwolą uniknąć im skutków ataku pocisków przeciwradiolokacyjnych lub też zminimalizują skutki takiego ataku do minimum? Dla przetrwania stacji radiolokacyjnej na polu walki istotnymi pociskami przeciwradiolokacyjnymi są tylko te, które prowadzą na nią atak lub są w stanie taki atak wykonać.

Oceniając wpływ zasięgu pocisków przeciwradiolokacyjnych na niszczenie stacji radiolokacyjnych, nie można pominąć towarzyszącego mu nierozłącznie parametru, jakim jest prędkość lotu pocisku. Te dwa parametry decydują o czasie, w jakim pocisk osiągnie cel po odpaleniu z pokładu nosiciela. W tabeli nr 1 przedstawiono oszacowane w uproszczony sposób dane dotyczące prędkości, zasięgów i czasu lotu wybranych pocisków przeciwradiolokacyjnych, będące podstawą do dalszych rozważań.

Innym parametrem pocisków przeciwradiolokacyjnych, ważnym z punktu widzenia przetrwania stacji radiolokacyjnej na polu walki, jest skuteczność rażenia celu w wyniku eksplozji głowicy bojowej. Przykładem niech będzie głowica bojowa pocisku AGM-88C Harm wyposażona w 12.845 elementów rażących o sześciennym kształcie ze stopu wolframowego o wielkości 5 mm, przebijających z odległości 6 metrów (zakładana dokładność trafienia pocisku) arkusz miękkiej stali grubości 12,7 mm oraz płytę pancerną grubości 6,35 mm.



Źródło: Larratt D., *Advanced Anti-Radiation Guided Missile*, materiały z konferencji nt. uzbrojenia artyleryjskiego i raketowego NDIA, firma ATK, Waszyngton, 08.04.2009 r., s. 13.

Rys. 1. Precyzja uderzenia pocisku AGM-88E AARGM

Tabela 1 Dane wybranych pocisków przeciwradiolokacyjnych

Lp.	Typ rakiety	Kraj	Lata wdrożenia	Prędkość lotu [m/s]	Min. zasięg [km]	Min. czas lotu [s]	Max. zasięg [km]	Max. czas lotu [s]
1.	Ch-25MPU	ZSRR	1981	400-500 do 850-920	3	8-6 do 3	40	100-80 do 43
2.	Ch-31P	ZSRR	1984	600 do 1.000	15	25 do 15	110-200	183-333 do 110
3.	Ch-15P	ZSRR	1988	1.000 - 1.100 do 1.700	40	40-36 do 23	150	150-136 do 88
4.	Alarm	W.B.	1991	320 do 695	8	25 do 11	45-93	140-290 do 64
5.	Ch-32P [Ch-22MP]	ZSRR	1995	1.190	b.d.	-	700	588

Lp.	Typ rakiety	Kraj	Lata wdrożenia	Prędkość lotu [m/s]	Min. zasięg [km]	Min. czas lotu [s]	Max. zasięg [km]	Max. czas lotu [s]
6.	Ch-31PD/ Ch-31PM	Rosja	2002/ 2005	600-700 do 1.000/do 1.170	15/-	25-21 do 15/-	180-250/ -	257-416 do 180/-
7.	Ch-58USzE /Ch- 58USzKE	Rosja	/ 2007	450-600 do 1.166	10-12	26-16 do 8	245	544-408 do 210
8.	AGM-88 D Harm Block 6/AGM-88 E AARGM	USA	2003/ 2009	680 do 2.040	b.d.	-	180 / 110	161 do 53
9.	Armiger	Niemcy	2008	- do 1.020	b.d.	-	200	- do 196
10.	Star-1	Izrael	b.d.	270	b.d.	-	100	370

b.d. – brak danych.

Źródło: opracowanie własne.

Wymagania stawiane przed radarem XXI wieku

Pod cienką powłoką blachy osłaniającej wewnątrz stacji radiolokacyjnych grubości ok. 1,5 – 2 mm kryje się delikatna, ale skomplikowana sieć połączeń owijanych (ang. Wire-Wrap). Naprawa tego typu sieci nie jest możliwa w warunkach polowych, a jedynie u producenta przy wykorzystaniu dokumentacji fabrycznej i specjalistycznego oprzyrządowania. Tym bardziej należy chronić tego typu wrażliwe połączenia. Również inne podzespoły są nie mniej delikatne, a wewnątrz stacji radiolokacyjnej zawiera wyłącznie łatwe do uszkodzenia elementy i podzespoły.

Wykrywanie pocisków przeciwradiolokacyjnych

Aby wyeliminować niedoskonałości związane z reagowaniem operatora danej stacji radiolokacyjnej na atak pocisków przeciwradiolokacyjnych, należy do każdej stacji radiolokacyjnej zaprojektować, a później zbudować radar ze zintegrowanym wewnątrz automatycznym systemem alarmowania, który na podstawie lotu pocisku w stosunku do pozycji radaru – w razie niebezpieczeństwa – w pierwszej kolejności spowoduje wyłączenie promieniowania elektromagnetycznego radaru, następnie włączy urządzenie mylące – cel pozorny („wabik”), wyzwoli alarm ostrzegający pozostającą w pobliżu obsługę radaru oraz przekaże automatycznie informację o rodzaju

ataku do nadrzędnego szeregu dowodzenia z wykorzystaniem zautomatyzowanych systemów dowodzenia. System ten powinien również uruchamiać inne funkcje, które opisane są w dalszej części niniejszego opracowania.

Wiadome jest, że skuteczna powierzchnia odbicia (SPO) pocisków przeciwradiolokacyjnych jest zdecydowanie mniejsza od tej typowej dla klasycznych samolotów, do których wykrywania projektowano obecnie istniejące radary. W związku z powyższym już na etapie projektowania należy uwzględnić zdolność radaru do wykrywania pocisków przeciwradiolokacyjnych.

Zasięg wykrywania pocisków przeciwradiolokacyjnych

Wykrywanie pocisków przeciwradiolokacyjnych odbywa się obecnie na mniejszym dystansie, niż maksymalny zasięg wykrywania danej stacji radiolokacyjnej. Dodatkowo sposób prowadzenia ataku przez pociski jest tak opracowany, iż utrudnia reakcję na ich zbliżanie się do radaru. W klasycznym ataku lotniczym z dużego dystansu na średnich lub dużych wysokościach lotu samolotu większość pocisków po odpaleniu wznosi się wysoko (robi tzw. górkę – na wysokość zależną od typu pocisku), a dopiero wtedy, nurkując i rozpędzając się do maksymalnej prędkości, kieruje się w stronę radaru. Stąd też w takiej sytuacji powstaje bardzo duże utrudnienie w reakcji na atakujący pocisk, kiedy rozwija on prędkość maksymalną rzędu 1.000 m/s lub większą (tabela nr 1). Przykładowo pocisk taki wykryty z odległości 60 km (60.000 m) pokonuje ten dystans w czasie 60 sekund. Natomiast w przypadku ataku lotniczego prowadzonego na małych wysokościach z dużego dystansu tego czasu pozostaje znacznie mniej. Rakieta wystrzelona w trakcie takiego ataku nie rozwija maksymalnej prędkości i porusza się po balistycznym torze lotu, ale ze względu na wysokość lotu może być wykryta w niewielkiej odległości od radaru, tj. rzędu 15-20 km (15.000 – 20.000 m). Przykładowo przy prędkości ok. 500 m/s daje to czas równy ok. 30-40 sekund. Obecnie w obu rozpatrywanych przypadkach (sposobach ataku) w tak krótkim czasie można jedynie wyłączyć radar, włączyć urządzenie mylące – cel pozorny („wabik”) oraz ewakuować obsługę w bezpieczne miejsce (szczeliny przeciwlotnicze), jeżeli obsługa nie pracuje z wykorzystaniem przenośnego pulpitu zdalnego sterowania. Wniosek: czas pozostający pomiędzy wykryciem przez atakowany radar (obsługę) pocisku przeciwradiolokacyjnego, a osiągnięciem przez pocisk celu jest tak niewielki, że obsługa nie jest w stanie podjąć skutecznych działań w celu uniknięcia prowadzonego ataku (uratowania radaru). Włączony automatycznie cel pozorny – „wabik”, wg oceny autora, stanowi

w chwili obecnej minimalny środek ochrony radaru, który nie jest skuteczny w stosunku do pocisków przeciwradiolokacyjnych ostatniej generacji (np. brytyjski Alarm, AGM-88E AARGM).

Czas pracy na pozycji bojowej

Jest oczywiste, że praca radaru z emisją elektromagnetyczną promieniowaną w przestrzeń powietrzną jest podstawą do naprowadzania się na ten radar pocisków przeciwradiolokacyjnych. W związku z powyższym należy ograniczyć do minimum czas pracy radaru. Aby jednak zrealizować zasadnicze zadanie stojące przed każdym włączonym w warunkach bojowych radarem, musi on wykonać minimum jeden obrót anteną o 360°. Czas tego rozpoznania będzie jednym z podstawowych parametrów wykorzystywanych do dalszych kalkulacji. Czasy obrotu anteny radarów średniego i dalekiego zasięgu polskiej produkcji zawierają się w przedziale 2,5-10 sekund. Część z nich musi wykonywać pełny obrót anteny wokół własnej osi, a obecne osiągi można skrócić jedynie poprzez pracę sektorową, co pozwoli zaoszczędzić kolejne sekundy.

Kolejnym czynnikiem mającym wpływ na czas pozostawania radaru na pozycji bojowej jest czas jego zwinięcia. W jego skład wchodzi czas cząstkowe zwinięcia anteny (w niektórych przypadkach zdjęcie z pomocą dźwigu), podniesienia podpór stabilizacyjnych, odłączenia i zwinięcia kabli oraz światłowodów, załadowanie kontenerów i pozostałych elementów na samochody i przyczepy, podłączenie przyczep do samochodów, itd. Część tych czynności prowadzonych jest oczywiście równolegle, ale nie we wszystkich typach radarów. Obecnie najkrótszy czas zwinięcia radaru polskiej produkcji to 5 minut (NUR-21, NUR-22).

Aby skrócić radykalnie ten proces, należy projektować i konstruować każdy radar mobilny w postaci jednego pojazdu oraz wyposażać go w zautomatyzowane mechanizmy: zrzutu anteny¹, złożenia podpór stabilizacyjnych, odrzucenia kabli i światłowodów (po kabłe wróci obsługa później, w zestawie powinno być kilka kompletów kabli, minimum dwa). Wszystkie te przedsięwzięcia muszą zapewnić swobodne, jak najszybsze oddalenie się radaru na odległość zapewniającą przetrwanie pomimo rażenia odłamkami pochodzącymi z wybuchu pocisku przeciwradiolokacyjnego. Zrzut anteny powinien umożliwiać natychmiastowe, gwałtowne opuszczenie anteny siłą grawitacji do takiej wysokości, która obniży środek ciężkości całego zestawu (pojazdu wraz z radarem), umożliwiając mu bezpieczne oddalenie się z pozycji bojowej z maksymalną możliwą prędkością. Konstrukcja układu

¹ Należy mieć na uwadze, że waga anteny radaru średniego zasięgu jest stosunkowo duża, np. antena włoskiego radaru TRM-2160 to 2450 kg.

antenowego powinna być umieszczona na specjalnie skonstruowanym maszcie oraz zawierać elementy lub całe podzespoły umożliwiające absorbowanie energii uderzenia spadającej anteny (np. technologia EPAR, która polega na tym, że energia kinetyczna rozpędzonych mas jest pochłaniana po zderzeniu dwu obiektów poprzez mechaniczny wirnikowy akumulator energii²). Składanie podpór stabilizacyjnych, w przeciwieństwie do ich rozkładania i stabilizowania położenia radaru (w tym poziomowania), może również odbywać się gwałtownie. Powinno to nastąpić zaraz po zrzuceniu anteny, ponieważ tak raptowne przemieszczenie anteny mogłoby mieć wpływ zarówno na sprawność techniczną pojazdu (jego zawieszenie), jak i na możliwość wywrócenia się pojazdu z radarem (co może nastąpić przy większych nierównościach terenu). Automatyczne odrzucenie kabli i światłowodów, biorąc pod uwagę tendencje do obniżania stanów osobowych obsług radarów, pozwoli na kolejne ograniczenie czasu zwijania radaru. Umieszczenie ich w jednym miejscu w postaci zespolonego szybkozłącza i skonstruowanie układu jego automatycznego odrzucenia pozwoli w efekcie, w zestawieniu z pozostałymi proponowanymi innowacjami konstrukcyjnymi, na radykalne obniżenie czasu zwijania stacji radiolokacyjnej.

Ruszenie i oddalenie się stacji radiolokacyjnej musi również odbywać się radykalnie szybko, najlepiej w sposób automatyczny. Część kół (lub wszystkie) powinna mieć wbudowane silniki elektryczne o dużym momencie obrotowym, których uruchomienie będzie możliwe sygnałem elektrycznym w sposób zautomatyzowany. Ich zasilanie powinno odbywać się z wewnętrznych źródeł zasilania (akumulatory, wewnętrzne spalinowe agregaty prądotwórcze), używane może być również zasilanie hybrydowe, które coraz powszechniej stosowane jest w produkcji samochodów osobowych.

Reasumując zagadnienia związane z czasem, należy stwierdzić, iż współcześnie dostępne technologie umożliwiają wykonanie i wykorzystanie przedstawionych tu rozwiązań technicznych, które w radykalny sposób obniżą czas pracy i pozostawanie na pozycji bojowej radaru. Oceniając wstępnie, w uproszczony sposób, oczekiwany efekt możliwy do uzyskania dzięki zastosowaniu proponowanych rozwiązań, można wysnuć wniosek, że należy obniżyć czas pozostawania radaru na pozycji bojowej do wartości poniżej 60 sekund (jednej minuty), tj. ok. 10 sekund praca bojowa, ok. 5 sekund zwinięcie radaru, ok. 45 sekund jazdy na odległość ok. 60 metrów (odjazd z pozycji bojowej z prędkością ok. 5 km/h, tj. ok. 1,4 m/s).

² Podstawą technologii EPAR jest zamiana energii kinetycznej ruchu liniowego na energię kinetyczną ruchu obrotowego, za pomocą stałego lub zmiennego przełożenia multiplikacyjnego. Źródło: <http://www.epar.pl> [dostęp: 04.10.2012].

Odporność radaru na rażenie

Ze względu na szereg zasadniczych czynników, które mają wpływ na niszczenie radaru pociskiem przeciwradiolokacyjnym (odległość odpalenia pocisku, prędkość lotu pocisku, dokładność trafienia, zasięg rażenia odłamków oraz czas pracy radaru na pozycji bojowej, czas jego zwinięcia, czas rozpoczęcia i szybkość oddalania się radaru z pozycji bojowej), musi on posiadać lekkie opancerzenie, które ochroni szereg istotnych jego elementów, zapewniając mu dalszą możliwość realizacji zadań. Wynika to z przykładowej kalkulacji przedstawionej powyżej, która wskazuje jednoznacznie, iż nawet natychmiastowa reakcja po wykryciu ataku pocisku przeciwradiolokacyjnego na jeden z obecnie użytkowanych radarów nie uchroni go całkowicie przed skutkami ataku.

Dlatego należy zwiększyć mobilność radarów zgodnie z opisanymi propozycjami, ale również lekko je opancerzyć. Opancerzenie nie może dotyczyć jedynie zasadniczych podzespołów, jak to ma miejsce w niektórych już istniejących radarach (np. NUR-21, NUR-22, Pirhanna 740-Giraffe), ale również wrażliwych podzespołów anteny (elementów promieniujących, jak również mechanizmu jej podnoszenia) oraz podpór stabilizacyjnych. Opancerzenia pojazdu (osłony umieszczonych w nim zasadniczych podzespołów elektronicznych) nie będą przedmiotem dalszych rozważań, ponieważ niektóre stosowane rozwiązania, wykorzystywane na nasze potrzeby, są już zadowalające. Oczywiście jest, że do ciągłego funkcjonowania radaru niezbędna jest sprawna antena, a w obecnie istniejących konstrukcjach radarów nie jest ona ochraniająca. Dalsze rozważania skoncentrowane będą więc na opancerzeniu podzespołów anteny i podpór, ale podzielone na dwa typy radarów: dalekiego i średniego zasięgu.

Prowadząc ocenę wspólną dla obu typów radaru w zakresie niezbędnych potrzeb opancerzenia podzespołów anteny, należy stworzyć możliwości natychmiastowej ochrony anteny przez cały okres jej pracy. Znane są parametry płyty pancerniej, która może osłonić przed odłamkami pocisku AGM-88C Harm (6,35 mm). Osłaniać antenę można nie tylko z pomocą płyty pancerniej, ale również innych, lżejszych materiałów. Jednym z takich materiałów może być kevlar³, z którego produkowane są włókna stosowane m.in. w kamizelkach kuloodpornych, kaskach i hełmach ochronnych, a nawet częściach pancerza lotniskowców. Grube monolityczne pancerze stalowe coraz częściej odchodzą w przeszłość, ponieważ dąży się do obniżania masy pojazdów bojowych ze względów na niektóre wymogi taktyczne (np. szybki transport powietrzny). Do budowy nowoczesnych pancerzy wy-

³ Kevlar – został wynaleziony w laboratoriach DuPont w roku 1965 przez zespół badaczy pod kierunkiem Stephanie Kwolek. „Kevlar” jest nazwą handlową firmy DuPont. Inne zarejestrowane nazwy handlowe to „Twaron” firmy Teijin Twaron. Źródło: <http://pl.wikipedia.org>.

korzysta się obecnie tworzywa kompozytowe z zastosowaniem ceramicznych warstw antybalistycznych, gdzie warstwą główną jest ceramika konstrukcyjna (duża twardość w powiązaniu z niską gęstością). Ceramiczna warstwa ochronna, w trakcie jej fragmentacji, rozprasza i pochłania energię pocisku (odłamków), zmienia też tor wnikania pocisku (odłamków) podczas jej przebijania (zmiana kierunku penetracji pocisku w przebijanej ceramice jest podstawą skutecznego rozpraszania jego energii kinetycznej). Panczerze warstwowe mogą być wykonane z najróżniejszych materiałów (np. panczerze typu Chobham⁴), stawiają one bardzo duży opór i skutecznie zakłócają działanie uderzającego pocisku. Pancierz tego typu może być wykonany np. z płyt stalowych i aluminiowych, wzmocnionych włóknem sztucznym i materiałami ceramicznymi, umieszczonymi między warstwami metalu⁵. Przykładem zastosowania warstwowego pancierza kompozytowego jest nasz rodzimy kołowy transporter opancerzony Rosomak. Pozwoliło to na znaczne ograniczenie jego masy oraz zwiększenie odporności na rażenie (w stosunku do analogicznego pancierza monolitycznego). Kolejnym rodzajem pancierza, którego wykorzystanie na nasze potrzeby należy rozważyć jest pancierz reaktywny (ERA – Explosive Reactive Armour). Jest to pancierz zawierający materiał wybuchowy, aktywnie reagujący na przebijający go pocisk (w przypadku trafienia pocisku dochodzi do eksplozji, która przemieszcza górną płytkę kostki prostopadłościanu i produkty spalania pancierza reaktywnego przeciwnie do kierunku uderzającego pocisku), stosowany na wojskowych pojazdach opancerzonych. Najczęściej stanowi dodatkowe opancerzenie, umiejscowione w pewnej odległości od właściwego pancierza, „ekranując” go. Do osłony anten radiolokacyjnych można opracować wersję mini ładunków pancierza reaktywnego, osłaniających najbardziej nierzaliczne miejsca, trudne do osłony innymi rodzajami opancerzenia (np. płaskie prostopadłe powierzchnie o dużych rozmiarach). W przypadku oddziaływania odłamków pocisku przeciwradiolokacyjnego można – poprzez użycie mini ładunków pancierza reaktywnego – doprowadzić do wytrącenia i zakłócenia ich toru lotu, zmniejszenia ich prędkości, a tym samym ograniczenia ich skuteczności. Istnieją również i są wykorzystywane wykładziny przeciwołamkowe typu AMAP-L, które montowane są obecnie wewnątrz czołgu Leopard w przedziałach załogowych wozu i ochraniają obsługę czołgu⁶. Środki tego typu można również wykorzystać

⁴ Najpilniej strzeżoną tajemnicą w konstrukcji amerykańskiego czołgu Abrams jest skład materiałów pancierza m.in. jego części o nazwie Chobham. Na początku lat siedemdziesiątych ośrodek badawczy armii brytyjskiej w Chobham opracował nowatorski typ pancierza złożonego z warstwy kompozytu ceramicznego o strukturze plastra miodu, umieszczonej pomiędzy stalowymi płytami, kompozyt daje około 2 - 2,5 razy skuteczniejszą obronę przed ładunkami kumulacyjnymi. Dodatkowo czołg chroni warstwa zubożonego uranu. Źródło: <http://www.mt.com.pl/pociski-przeciwpancerne-i-pancerze>.

⁵ <http://strategie.com.pl/dzial/leksykon/search/p>.

⁶ <http://www.defence24.pl/mbt-revolution-modulowa-modernizacja-leoparda-2a4/>.

do ochrony przed odłamkami, szczególnie wewnątrz mieszczących wrażliwe podzespoły elektroniczne. Oczywiście zastosowanie jednego z istniejących sposobów opancerzenia determinowany będzie wieloma czynnikami (np. jego skuteczności, umiejscowienia osłanianego miejsca), zależęć będzie również od możliwości zastosowania konkretnego rozwiązania (nie można wykluczyć, że różne miejsca będą różnie opancerzone).

Osłona anteny radaru średniego zasięgu może polegać na zainstalowaniu jak najłżejszego opancerzenia na jej odwrocie, które wraz z anteną byłoby podnoszone i obracałoby się z nią w trakcie pracy bojowej. Nasuwa się pytanie, do czego potrzebne jest to opancerzenie właśnie w takim miejscu. Otóż w momencie wykrycia pocisku przeciwradiolokacyjnego, aby chronić antenę, należy ją automatycznie odwrócić w stronę nadlatującego pocisku stroną ochraniającą przez opancerzenie i rozpocząć zrzut. W momencie eksplozji odłamki pochodzące z pocisku eksplodującego kilka metrów nad ziemią uderzać będą w opancerzenie, które ochroni antenę, bez względu na jej typ: antenę reflektorową, antenę fazowaną lub też antenę aktywną. Ostatnie dwa typy anteny są bardzo złożone, a koszt ich budowy – wysoki. Najłatwiej i najtaniej zbudować antenę reflektorową, ale i ją w razie zniszczenia należy wymienić (zbędna utrata czasu na polu walki). Gdy radar wyposażony jest w antenę fazowaną, to sprawa jest bardziej złożona. Wyprodukowanie takiej anteny jest dużo bardziej skomplikowane oraz droższe niż reflektorowej, a jej przechowywanie i transport utrudniony. Natomiast szczególnie cenna i kosztowna jest antena aktywna, gdyż sama w sobie stanowi rozproszony nadajnik oraz odbiornik.

Proponowane powyżej rozwiązanie ochrony anteny jest optymalne jeszcze w przypadku radaru średniego zasięgu, ale w przypadku radaru dalekiego zasięgu ze względu na wagę anteny należy prawdopodobnie zastosować inne rozwiązanie. W przypadku dużej i ciężkiej anteny radaru dalekiego zasięgu należy opancerzenie (np. tu może być to zwykła płyta pancerna, co obniży koszty produkcji) umieścić nie bezpośrednio za anteną na stałe, lecz zamontować ją na nadwoziu pojazdu. Ochrona anteny z wykorzystaniem tak zamontowanego opancerzenia polegałaby: po pierwsze – na częściowym obrocie jeszcze podniesionej anteny w celu równoległego jej ustawienia do opancerzonej płyty, a następnie jej zrzucie na wspólny poziom ukrycia w celu osłony anteny za płytą przed niszczącymi odłamkami. Nie będzie też przesadą częściowe opancerzenie najważniejszych podzespołów tylnej strony anteny takiego radaru (lub całkowite opancerzenie anteny – w zależności od możliwości technicznych), aby zachować funkcję odwrócenia anteny w stronę nadlatującego pocisku.

Kolejną korzystną czynnością byłoby jeszcze złożenie tego tandemu anteny i płyty opancerzonej na konstrukcji pojazdu tak, aby płyta przykryła antenę, chroniąc ją przed atakiem z każdego kierunku. Najlepszym rozwiązaniem byłoby chowanie anteny we wnętrzu opancerzonego pojazdu,

a płyta opancerzona pełniłaby funkcję przykrycia schowanej anteny (również w przypadku anteny na stałe zespolonej z opancerzeniem). Elektroniczny układ automatycznej oceny sytuacji stacji radiolokacyjnej podjąłby decyzję, czy jest czas na całkowite złożenie i ukrycie anteny, czy tylko na jej odwrócenie opancerzoną stroną w kierunku nadlatującego pocisku przeciwradiolokacyjnego. Takie rozwiązanie pozwala też na ochronę przed innymi środkami rażenia, których kierunku ataku nie da się określić tak wyraźnie jak wykrytego przez radar pocisku przeciwradiolokacyjnego. Nie należy zapominać, że nie zawsze da się wykryć pociski przeciwradiolokacyjne we właściwym czasie, więc byłoby to optymalne rozwiązanie.

Natomiast mechanizm podnoszenia i opuszczania anteny powinien być chowany docelowo wewnątrz opancerzenia pojazdu, a wszelkie elementy hydrauliczne lub inne elementy napędowe (np. silniki elektryczne) powinny na stałe znajdować się pod opancerzeniem. Wszystkie elementy mechanizmu, które miałyby być wysuwane poza opancerzenie powinny zostać tak skonstruowane, aby uderzenia odłamków (np. odłamki rażące o sześciennym kształcie i długości krawędzi wynoszącej 10 mm) lub elementów rażących (np. o sześciennym kształcie ze stopu wolframowego o wielkości 5 mm) nie zakłóciły procesu działania mechanizmu składania anteny. Odkształcenia jego elementów powstałe w wyniku bezpośredniego trafienia nie mogą mieć wpływu na ich wymianę w warunkach polowych.

Podobne rozwiązanie należy zastosować do podpór stabilizacyjnych. Muszą one być umiejscowione pod opancerzeniem, a w przypadku deformacji powinna istnieć możliwość bezproblemowej ich wymiany wyłącznie przez obsługę stacji radiolokacyjnej.

Reasumując: opancerzenie musi zapewniać ochronę przede wszystkim przed skutkami oddziaływania pocisków przeciwradiolokacyjnych – efektem ich rażenia w wyniku standardowego uderzenia lub też w wyniku bezpośredniego trafienia. Musi ono również chronić przed oddziaływaniem innego uzbrojenia, które może w podobnym stopniu oddziaływać na stacje radiolokacyjne jak pociski przeciwradiolokacyjne.

Wysokość wysuwania anteny – zasięg wykrywania

W chwili obecnej przykładowa wysokość umiejscowienia anteny radaru produkcji polskiej nad ziemią po podniesieniu dla NUR-26 wynosi 7 metrów. Dla porównania radar typu ESR 220 Thutlwa (ex-Kameelperd, Giraffe) pozostający w uzbrojeniu systemu Obrony Powietrznej Republiki Południowej Afryki po rozwinięciu anteny podnosi ją na wysokość 12 metrów⁷.

⁷ <http://www.defenceweb.co.za>.

Wysokość podniesienia anteny radaru jest zależna od kilku czynników, m.in. od ciężaru zespołu anteny, od ciężaru jego podstawy (umiejscowienia środka ciężkości), budowy (możliwości) mechanizmu rozkładania anteny, funkcjonalności podpór stabilizacyjnych. Uwzględniając opisane tu nowe potrzeby, należy wskazać, że duży, ciężki, stabilny i opancerzony pojazd (nisko umieszczony środek ciężkości) będzie najlepszą podstawą dla radaru o wysoko wysuwanej w górę antenie (jak najwyżej), a solidne wielopunktowe ustabilizowanie zespołu (pojazdu z radarem) z wykorzystaniem mocnych podpór stabilizacyjnych o podstawach z dużą powierzchnią przekroju pozwoli na pracę w każdych warunkach.

Budowa radaru – wnioski

Najważniejszymi wnioskami nasuwającymi się w zakresie budowy współczesnych stacji radiolokacyjnych są następujące:

- w zakresie opancerzenia stacji radiolokacyjnych WRt SP, oprócz rozwiązań zbliżonych do stosowanych już w Wojskach Lądowych SZ RP, należy poszukiwać nowych rozwiązań, szczególnie w zakresie opancerzenia ich anten;
- skrócenie czasu zwinięcia i opuszczenia pozycji bojowej przez stację radiolokacyjną jest bezwzględnie koniecznością na współczesnym polu walki;
- konieczne jest opracowanie takich konstrukcji stacji radiolokacyjnych z wysoko unoszonymi antenami, które umożliwią pracę bez rozbudowy inżynieryjnej terenu, tj. bez stosowania nasypów.

Wymagania stawiane przed systemem rozpoznania radiolokacyjnego XXI wieku

Zmiany w funkcjonowaniu obecnego systemu rozpoznania radiolokacyjnego systemu OP są bezwzględnie konieczne, ponieważ towarzysząca im myśl wojskowa nie opiera się na uwarunkowaniach współczesnego pola (przestrzeni) walki. Przy takich nieadekwatnych do rzeczywistości założeniach system rozpoznania radiolokacyjnego (m.in. ze względu na budowę stacji radiolokacyjnych) nie ma żadnych poważnych szans przetrwania pierwszej fazy konfliktu, nie mówiąc o jego całkowitym okresie, co udowodnił przebieg ostatnich konfliktów zbrojnych. Dlatego należy poszukiwać nowych rozwiązań w tej dziedzinie, odpornych na destrukcyjne oddziaływanie współczesnych środków walki.

Warunki konieczne

Kiedy już pozyskamy na potrzeby naszego systemu rozpoznania radiolokacyjnego XXI wieku odpowiednie stacje radiolokacyjne, jak opisane powyżej, tj. bardzo mobilne i odporne na rażenie, dalszym krokiem będzie ich funkcjonalne połączenie. W chwili obecnej istnieje tendencja do tworzenia konsol sterowania radarami konkretnych typów (np. RAT-31DL), co zapewnia możliwość sterowania wycinkiem systemu, ale nie zapewnia kompleksowości sterowania całym systemem rozpoznania radiolokacyjnego. Już dziś istnieje potrzeba budowania uniwersalnych konsol sterowania urządzeniami radiolokacji (normalizacja) oraz projektowania nowych radarów w zakresie sterowania ich pracą w sposób unormowany dla wszystkich typów w NATO. Potrzeba ta powinna być poważnie rozpatrywana przez osoby odpowiedzialne za tę dziedzinę w Sojuszu oraz producentów takich systemów.

Ważne jest również, aby wszelkie procesy w systemie rozpoznania radiolokacyjnego odbywały się w czasie zbliżonym do rzeczywistego zarówno związane z przekazywaniem informacji, jak i dotyczące sygnałów sterujących.

Do najważniejszych wymagań stawianych dziś systemowi rozpoznania radiolokacyjnego (warunki konieczne efektywnego jego funkcjonowania) możemy zaliczyć:

- wysoką żywotność (w tym dzięki opancerzeniu);
- wykrywanie wszystkich typów obiektów powietrznych;
- wspomaganie analizy sytuacji taktycznej i operacyjnej z pomocą „inteligentnego” oprogramowania;
- pełne współdziałanie z innymi systemami rozpoznania i systemami dowodzenia;
- modułową budowę;
- możliwość sterowania z różnych poziomów (pełną elastyczność funkcjonowania).

Kompleksowe sterowanie systemem

Optymalne wykorzystanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego powinno opierać się na funkcjonowaniu tego systemu w oparciu o dwa poziomy sterowania. Funkcjonalne powiązanie poszczególnych radarów w jeden dwuszczeblowy system umożliwi pełne sterowanie parametrami ich pracy i tym samym zapewni ich kompleksowe wykorzystanie. Oczywiście konieczne jest ustalenie priorytetów w zakresie potrzeb i możliwości realizacji zadań systemu.

Zadaniem poziomu niższego, podstawowego, będzie zapewnienie właściwego funkcjonowania samego systemu rozpoznania radiolokacyjnego poprzez realizowanie wielu wewnętrznych funkcji. Poziom ten, któremu możemy przypisać funkcję poziomu taktycznego, posiadać powinien wewnętrzną pętlę sprzężenia zwrotnego. Dzięki właściwie dobranym sygnałom sterującym pomiędzy centralą, a podległymi radarom oraz dzięki właściwie wypracowanym procedurom działania obsługa radarów i ich wyższych szczebli dowodzenia zostanie zachowana ciągłość prowadzonego rozpoznania radiolokacyjnego oraz wysoka żywotność elementów ugrupowania bojowego systemu. Centralne sterowanie wszystkimi istniejącymi trybami pracy i dostępnymi funkcjami wszystkich radarów w systemie powinno być możliwe na szczeblu brygady radiotechnicznej i jej batalionów (równorzędnie). Udostępnienie tej funkcji na obu wymienionych szczeblach zwiększa w zdecydowany sposób możliwość decentralizacji wykonania wielu skomplikowanych i szczegółowych funkcji takiego systemu (włączanie pracy sektorowej, systemów przeciwzakłóceń, wykonywanie szybkich manewrów w obrębie wyznaczonej pozycji bojowej – zgodnie z przyjętą taktyką, wycofanie radaru po przełamaniu obrony wojsk lądowych, itp.), co pozostawia utrzymanie funkcjonowania systemu na tym poziomie w rękach najlepiej przygotowanych do tego specjalistów – żołnierzy radiotechników. Nie należy zapominać, że od ich zaangażowania zależy również ich własne życie na polu walki, więc lepszemu wykonawcy postawionych zadań nie znajdziemy.

Natomiast zadaniem wyższego szczebla, w tym wypadku już operacyjnego, powinno być sterowanie systemem rozpoznania radiolokacyjnego poprzez określanie parametrów jego strefy rozpoznania radiolokacyjnego oraz aktywacji jej poszczególnych elementów przy uwzględnieniu pracy innych systemów rozpoznania tak, aby minimalizować czas pracy aktywnie promieniujących radarów i ograniczyć ewentualne ich niszczenie (w tym umożliwiać im manewry). Zdobywanie informacji z różnych systemów rozpoznania (np. lotniczego, optycznego, radioelektronicznego, radiolokacyjnego, itp.) pozwala w Ośrodkach Dowodzenia i Naprowadzania oraz w Centrum Operacji Powietrznych na optymalne wykorzystanie pracy poszczególnych systemów i informacji z nich pochodzących, umożliwiając efektywne i żywotne funkcjonowanie systemu Obrony Powietrznej⁸. Utworzone w ten sposób zewnętrzne sprzężenie zwrotne systemu rozpoznania

⁸ Informacje o ataku ŚNP pochodzące z różnych źródeł rozpoznania dostępne na szczeblu operacyjnym powinny być wykorzystywane do ostrzegania i alarmowania w ramach przygotowania do prowadzenia powszechnej OPL. Informacje tego rodzaju powinny być przekazywane poprzez zautomatyzowane systemy dowodzenia z odpowiednim wyprzedzeniem i doprowadzane do każdego pojedynczego żołnierza z wykorzystaniem urządzeń elektronicznych: przewodowo (np. na stanowisko w schronie) lub radiowo (np. poprzez osobiste pagery).

Wymagania operacyjne wobec współczesnych radarów systemu obrony powietrznej

radiolokacyjnego, pozostające pomiędzy jednostkami systemu rozpoznania radiolokacyjnego, a ośrodkami dowodzenia operacyjnego, pozwalać będzie na szybkie definiowanie potrzeb szczebla operacyjnego i nie będzie angażować kadr tego szczebla w rozwiązywanie coraz bardziej skomplikowanych problemów wykonawczych, będących zadaniem brygady radiotechnicznej i podległych jej sił i środków.

Rozwiązanie takie pozwoli na elastyczne reagowanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego na rozwój zarówno sytuacji taktycznej, jak i operacyjnej (wynikającej głównie z realnego stanu funkcjonowania systemu Obrony Powietrznej). Przepływ wszelkich informacji pochodzących z radarów w ramach dwóch równoległych poziomów sterowania ich pracą pozwoli przede wszystkim na skrócenie czasu obiegu informacji w systemie rozpoznania i dowodzenia oraz umożliwi precyzyjny rozdział zadań pomiędzy szczeblem taktycznym i operacyjnym w zakresie funkcjonowania systemu rozpoznania radiolokacyjnego na współczesnym polu walki.

Pożądane efekty działania systemu

Jak już zaznaczono, zadaniem systemu rozpoznania radiolokacyjnego na polu walki jest wykrywanie obiektów powietrznych, co realizowane jest z pomocą promieniowania elektromagnetycznego. Już po krótkiej i uproszczonej ocenie istniejących zagrożeń widać wyraźnie, że kluczem do uniknięcia skutków ataku na stacje radiolokacyjne głównie za pomocą pocisków przeciwradiolokacyjnych jest ograniczenie czasu promieniowania elementów systemu, ograniczenie czasu pozostawania radarów na pozycjach bojowych, z których promieniowały oraz skrócenie czasu reakcji elementów dowodzenia systemu szczebla taktycznego i operacyjnego. Ograniczenie i skrócenie wskazanych czasów do minimum oraz wysoce manewrowy charakter ugrupowania bojowego zapewni przetrwanie systemu rozpoznania radiolokacyjnego na współczesnym polu walki. Uzyskanie takich zdolności zapewni również możliwość dynamicznego kształtowania parametrów strefy rozpoznania radiolokacyjnego. Pożądane efekty można sformułować w następujący sposób:

A. Sensory (stacje radiolokacyjne):

- krótki czas zwijania i rozwijania;
- wysoka manewrowość;
- lekkie opancerzenie, w tym zespołu anteny;
- wysoko wysuwana antena;
- możliwość pełnego, zdalnego sterowania.

B. System pełnego sterowania (konsola, komputer):

- poziom sensora (stacji radiolokacyjnej) – przez obsługę;
- poziom taktyczny – przez obsady etatowe BRt, brt;

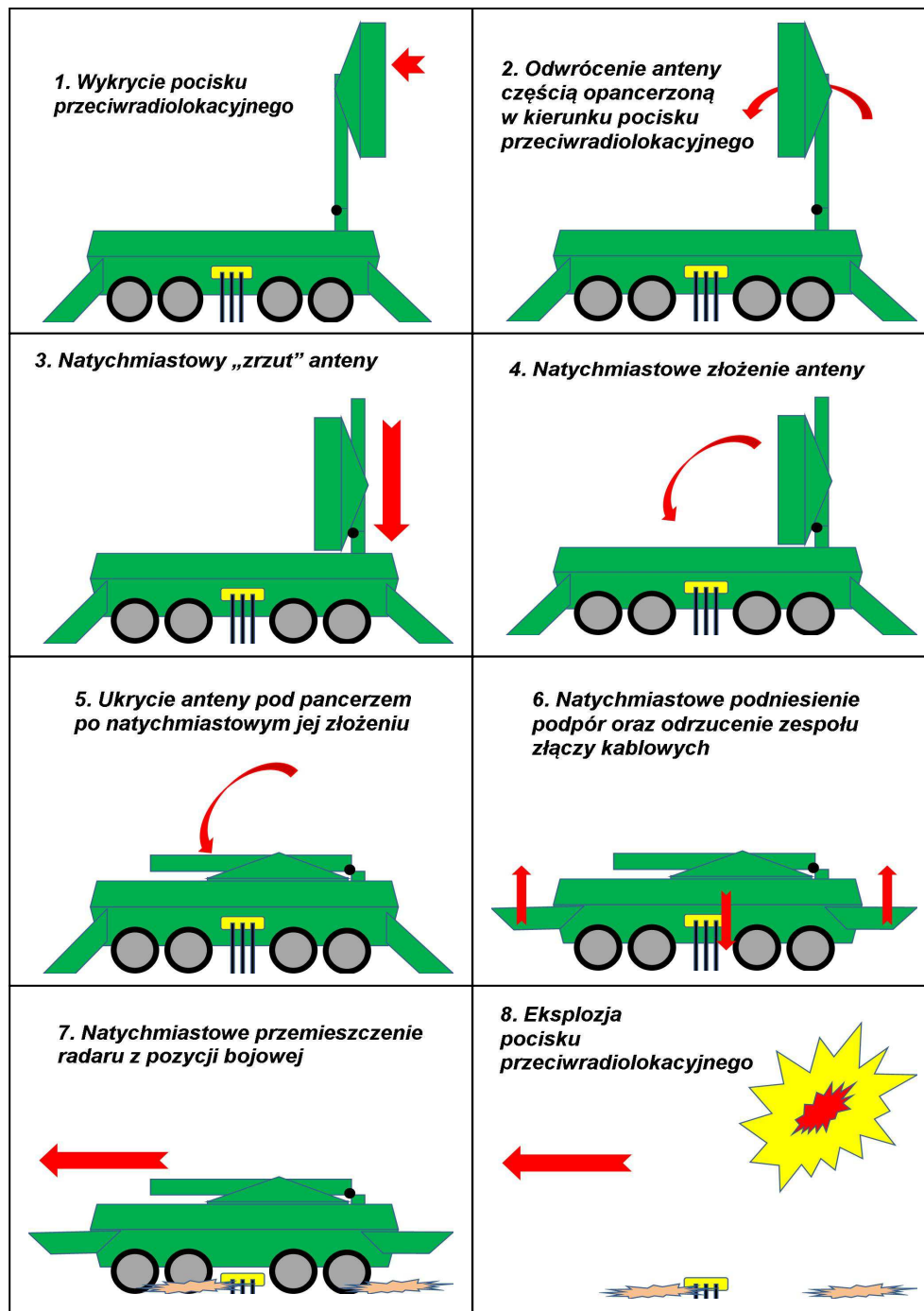
- poziom operacyjny – przez obsady etatowe ODN, COP;
- wspomaganie procesów walki systemu OP poprzez zastosowanie na wszystkich szczeblach „inteligentnego” oprogramowania.

C. Dodatkowe warunki funkcjonowania systemu:

- modułowa budowa;
- łączność: przewodowa, światłowodowa, radiowa, satelitarna – w czasie zbliżonym do rzeczywistego;
- systemowe sprzężenie z innymi systemami rozpoznania na szczeblu operacyjnym i kompleksowe ich wykorzystanie.

Podsumowanie

Jeszcze obecnie wiele państw posiada w swoim arsenale pociski przeciwradiolokacyjne z różnych epok technologicznych, w związku z tym na współczesnym polu walki można się zetknąć z każdym dostępnym ich typem. Wynika to w szczególności z faktu, iż obecna produkcja wielu samolotów i prowadzone modernizacje już istniejących idą w kierunku dostosowywania ich do jednoczesnego przenoszenia uzbrojenia pochodzącego z fabryk zbrojeniowych Zachodu oraz Wschodu. W związku z powyższym współczesny system rozpoznania radiolokacyjnego musi zachować możliwie najwyższą odporność na tego typu środki różnych generacji i pochodzących od różnych producentów (o podobnym oddziaływaniu), a tym samym uzyskać zwiększoną żywotność systemu na współczesnym polu walki.



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 2. Projekt radaru średniego zasięgu

Bibliografia

1. Butowski P., *Przegląd rosyjskich pocisków kierowanych klasy powietrze-ziemia i powietrze-woda*, Nowa Technika Wojskowa Nr 3, 1995.
2. Czekala Z., *Parada radarów*, Bellona, Warszawa 1999.
3. *Defense Acquisition Management Information Retrieval, Raport nr DD-A&T(Q&A)823-368 nt. AGM-88E AARGM*, Ministerstwo Obrony Narodowej USA, 31.12.2011 r.
4. Emami M., Jafargholi A., Marvasti F., Moghadam M. H. S., *Progress In Electromagnetics Research*, Artykuł: *New Anti-Arm technique by using random phase and amplitude active decoys*, K. N. Toosi & Sharif University of Technology, Iran 2008.
5. Gruszczyński J., Mikołajczuk M., *Uzbrojenie ZSRR i Rosji 1945 – 2000, Cz. I – lotnicze systemy raketowe*, Iglica & CB, Warszawa 2000.
6. Gruszczyński J., *Uzbrojenie lotnicze. Wschód*, Przegląd Konstrukcji Lotniczych, Altair, Warszawa 1993, nr 15.
7. Klembowski W., Miłosz J., Rutkowski T., Wiśniewski J., *Środki ochrony radaru przed raketami naprowadzającymi się na emisję radarową*, 43 Konferencja Naukowo-Techniczna Radiolokacji, Rynia 15-16.11.2011 r.
8. Marynarka Wojenna USA, *Program rozwoju Marynarki Wojennej USA – pocisku AGM-88E AARGM*, 2003.
9. Maślanka S., *Zabójcy radarów*, Przegląd Sił Powietrznych, nr 12 (018), Redakcja Wojskowa, Warszawa 2008.
10. Nicpoń K., *Rakiety przeciwradiolokacyjne. Wschód*, Nowa Technika Wojskowa nr 7, Magnum-X, Warszawa 1996.
11. Nicpoń K., *Rakiety przeciwradiolokacyjne. Zachód*, Nowa Technika Wojskowa nr 5, Magnum-X, Warszawa 1996.
12. Ptaszyński M., *AGM-88 Harm – samonaprowadzający się pocisk przeciwradiolokacyjny*, Lotnictwo nr 1, Warszawa 2011.
13. Zespół Oficerów Szefostwa WRt SP, *Stacje radiolokacyjne Wojsk Radiotechnicznych Sił Powietrznych – informator*, ZW SP, Warszawa 2009.

OPERATING REQUIREMENTS FOR MODERN RADARS OF AIR DEFENCE SYSTEM

Abstract: In this article the author makes an attempt to characterize the factors which are to be taken into consideration while designing the ground radar component of Air Defense systems in order to enable them to operate on the modern battlefield. He presents the latest theoretical views on the relationship between the usage of anti-radar weapons and the organizational and technical protection which can be deployed against such weapons. In particular the author emphasizes the protection of radars against anti-

Wymagania operacyjne wobec współczesnych radarów systemu obrony powietrznej

radiation missiles which present the biggest threat for effective Air Defense systems. He also stresses the need to combine radars into one system which enables the streamlining of their work parameters and thus ensuring their complex usage. The gaining of those capabilities will guarantee that the parameters of the air surveillance radar area can be defined effectively.